



**BULLETIN DES SEANCES
MEDEDELINGEN DER ZITTINGEN**

53 (3)

**ACADEMIE ROYALE
DES SCIENCES D'OUTRE-MER**

Sous la Haute Protection du Roi

**KONINKLIJKE ACADEMIE
VOOR OVERZEESE WETENSCHAPPEN**

Onder de Hoge Bescherming van de Koning

AVIS AUX AUTEURS

L'Académie publie les études dont la valeur scientifique a été reconnue par la Classe intéressée.

Les textes publiés par l'Académie n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs.

BERICHT AAN DE AUTEURS

De Academie geeft de studies uit waarvan de wetenschappelijke waarde door de betrokken Klasse erkend werd.

De teksten door de Academie gepubliceerd verbinden slechts de verantwoordelijkheid van hun auteurs.

© Royal Academy for Overseas Sciences. All rights reserved.

Abonnement 2007 (4 numéros — 4 nummers): 70,00 €

rue Defacqz 1 boîte 3
B-1000 Bruxelles (Belgique)

Defacqzstraat 1 bus 3
B-1000 Brussel (België)



**BULLETIN DES SEANCES
MEDEDELINGEN DER ZITTINGEN**

53 (3)

**ACADEMIE ROYALE
DES SCIENCES D'OUTRE-MER**

Sous la Haute Protection du Roi

**KONINKLIJKE ACADEMIE
VOOR OVERZEESE WETENSCHAPPEN**

Onder de Hoge Bescherming van de Koning

COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES

WETENSCHAPPELIJKE MEDEDELINGEN

Classe des Sciences morales et politiques

Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen

Het hellebeeld in het Oost-Aziatische boeddhisme*

door

Ineke VAN PUT**

TREFWOORDEN. — Oost-Azië; Boeddhisme; Kosmologie; Hel; *De Infernis Libelli* (*Jigoku-zōshi*).

SAMENVATTING. — Het boeddhisme gelooft in hergeboorte. Onze daden, *karma*, bepalen of ons volgende bestaan heilzaam of onheilzaam zal zijn. De meest onheilzame bestaanswijze is het hellebestaan. Volgens het meest algemeen aanvaarde beeld bestaat de hellewereld uit acht grote hete hellen, die elk omgeven zijn door zestien kleinere hellen (Skt. *utsada*). Gewoonlijk worden ze onder Jambudvīpa, onze wereld, gesitueerd. Er zijn ook koude hellen.

Over de vraag welke daden tot hergeboorte in de hel leiden, geven de jongere teksten (vanaf ca. 4de eeuw na Chr.) meer details dan de oudere. Er is in de jongere teksten bovendien een bepaalde tendens merkbaar om de misdaad met een „aangepaste” straf, vergelijkbaar met de *contrapasso* van Dantes *Inferno*, te bestraffen.

Het aanbod aan canonieke hellebeschrijvingen is aanzienlijk. Ze komen voor in scholastische literatuur, meditatiehandleidingen, kosmologieën, verhalen, enz. Behalve teksten, was er ook een ruim aanbod aan helleprenten, die een belangrijke rol speelden in de verspreiding van het boeddhistische gedachtegoed over de hel. Japanse helleprenten, waaronder de middeleeuwse Japanse *De Infernis Libelli* (*Jigoku-zōshi*), zijn hiervan een uitstekend voorbeeld.

MOTS-CLES. — Asie orientale; Bouddhisme; Cosmologie; Enfer; *De Infernis Libelli* (*Jigoku-zōshi*).

RESUME. — *Les représentations de l'enfer dans le bouddhisme d'Asie orientale.* — Le bouddhisme croit à la réincarnation. Nos actions, le *karma*, déterminent si notre prochaine existence sera positive ou pas. La pire de toutes les existences est l'enfer. Selon l'idée la plus communément admise, le monde infernal consiste en huit grands enfers brûlants, chacun étant entouré de seize petits enfers (skt *utsada*). La place de l'enfer dans le cosmos est généralement décrite comme étant au-dessous de Jambudvīpa, qui est notre monde. Il y a aussi des enfers froids.

Concernant la question de savoir quels actes conduisent à la réincarnation en enfer, les textes plus récents (IV^e siècle av. J-C) sont plus précis et élaborés que les textes anciens.

* Mededeling voorgesteld tijdens de zitting van de Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen van 18 april 2006. Beslissing tot publiceren genomen op 21 november 2006. Definitieve tekst ontvangen op 28 december 2006.

** Deeltijds docent Faculteit Letteren, Departement Oosterse Studies, Katholieke Universiteit Leuven, Blijde Inkomststraat 21, B-3000 Leuven (België).

Il y a aussi une tendance à punir certains crimes avec des châtements «adéquats», ce qui rappelle le *contrapasso* dans l'*Inferno* de Dante.

Les descriptions canoniques des enfers sont nombreuses. On peut les trouver dans la littérature scolastique, dans les manuels de méditation, dans les contes, dans les textes utilisés par les enseignants populaires, etc. Outre les textes, les rouleaux peints et les murs des temples ornés de scènes infernales ont joué un rôle important dans la propagation des idées bouddhistes sur l'enfer. Les estampes japonaises de l'enfer, comme par exemple les *De Infernis Libelli (Jigoku-zōshi)* du Japon médiéval, constituent à cet égard un excellent exemple.

KEYWORDS. — East Asia; Buddhism; Cosmology; Hell; *De Infernis Libelli (Jigoku-zōshi)*.

SUMMARY. — *Hell Representations in East-Asian Buddhism.* — Buddhism believes in rebirth. Our deeds, *karma*, define whether our next existence will be either wholesome or unwholesome. The worst of all unwholesome existences is hell. According to the most commonly accepted image, the infernal world consists of eight great burning hells, each of which being surrounded by sixteen lesser hells (Skt. *utsada*). Their place in the cosmos is usually described as being underneath Jambudvīpa, which is our world. There also are cold hells.

When it comes to the question which deeds will lead to rebirth in hell, later texts (ca. 4th century BC) are much more specific and elaborate than the early scriptures. There is also a tendency to punish certain crimes with "fitting" punishments, which reminds one of the *contrapasso* in Dante's *Inferno*.

Canonical descriptions of hells are numerous. One may find them in scholastic literature, in meditation manuals, in stories, in texts used by popular teachers, and so on. Besides texts, also painted scrolls and temple walls with hellish scenery played an important role in the spread of the Buddhist ideas about hell. Especially the Japanese hell paintings, such as the medieval *De Infernis Libelli (Jigoku-zōshi)*, are an outstanding example in this respect.

*
* *

Het boeddhisme kent in totaal vijf (of zes) hergeboorten, waarvan er drie (of vier) onheilzaam en twee (of drie) heilzaam zijn. Het hellebestaan is het meest onheilzame. Het staat tegenover het heilzame hemelbestaan. Net zoals dit het geval is bij de andere hergeboorten — dieren, *preta's* [1]*, mensen, *asura's* [2] en hemelingen — is het leven als hellewezen niet eeuwig. Wanneer het onheilzame *karma* is uitgeput, volgt een bestaan in een andere bestaanswijze. Elke hergeboorte wordt bepaald door *karma*. Het is immers de intentionele daad, *karma*, die de mens in de kringloop van het bestaan houdt en hem ervan weerhoudt het *nirvāna* te bereiken. Hergeboorte is bijgevolg een natuurlijk proces dat gekend is

* De cijfers tussen haakjes [] verwijzen naar de noten, p. 280.

als de „Wet van Oorzaak en Gevolg”. In het populaire boeddhisme wordt dit proces verpersoonlijkt door Yama, de rechtvaardige rechter. In China, en van daaruit in Korea en Japan, wordt Yama bijgestaan door negen andere rechters. Samen zijn ze gekend als de „tien koningen”.

1. Ontwikkeling van het hellebeeld in het boeddhisme

1.1. HET OUDERE BEELD

Het boeddhistische hellebeeld is net zoals het boeddhisme zelf tot op zekere hoogte beïnvloed door het brahmanisme waaruit het is ontstaan. Toch mag deze beïnvloeding niet worden overschat. De periode van Boeddha's prediking, 6de eeuw vóór Christus, valt samen met de periode van de *Upanisaden*, de periode waarin het gedachtegoed inzake *karma* en hergeboorte nog in volle ontwikkeling is. De „Vreugdeloze Regionen” (Skt. *anandā lokā*) staan erin beschreven als een mistige plek gehuld in duisternis. Uit sommige *Upanisaden* blijkt zelfs niet duidelijk of men er wel kan uit terugkeren (RADHAKRISHAN 1941 (vol. 1), pp. 252-253; KEITH (z.d.), p. 844b; GEDEN (z.d.), p. 547a).

In het boeddhisme spreken de oudste teksten over één hel, Mahāniraya, letterlijk de „grote hel”. Deze hel wordt beschreven als een kubusvormige citadel met aan elke zijde één toegangspoort. Rondom de citadel liggen enkele foltertuinen. Het geheel is omgracht door de Alkalische Rivier (Skt. *kṣārodakā nadī*). De namen van de foltertuinen zijn: „Gloeiende Sintels” (Skt. *kukūla*), „Uitwerpselen” (Skt. *kuṇapa*), „Zwaardbladeren Bos” (Skt. *asipattravana*) en „IJzeren Kapokbomen Bos” (Skt. *ayaḥśalmalīvana*). Hoewel er zich later een ongebreidelde toename van dergelijke foltertuinen voordoet, blijven deze vijf een belangrijk gegeven. Hun blijvende invloed blijkt o.a. uit middeleeuwse Japanse afbeeldingen en beschrijvingen. Eén van de belangrijkste sūtra's voor de beschrijving van het oude hellebeeld, het *Sūtra over de Hemelse Boodschappers* (*Devadūtasūtra*, Taishō ed. no. 26.64, pp. 504 c13-505 c19), beschrijft de foltertuinen als volgt:

„De hellecupiers nemen hen vast en werpen hen in de Vier-Poorten-Hel. (...)”

„Na de Vier-Poorten-Hel worden ze in de *Hel van de Gloeiende Sintels* geboren. Overall is vuur en dit zonder dat er rook of gloed is. De wezens moeten hierover heen en weer in het rond lopen. Wanneer ze hun voeten neerzetten worden huid, vlees en beide voeten verteerd; wanneer ze hun voeten opheffen, groeien ze opnieuw aan zoals voorheen. (...)”

„Opnieuw daarna, een eeuwigheid later, (...) worden ze geboren in de Grote Uitwerpselen Hel. [In deze hel] gevuld met stront en honderden *zhang* diep, vallen alle wezens. Er leven vele insecten, *nyāṅkuṭā* genaamd. Ze hebben witte lijfjes en een zwart hoofd, hun mond is als een naald. Ze doorboren de voeten van de wezens en eens klaar met het vernietigen van de voeten, vernietigen ze de kniegewrichten. (...) Eens klaar met het vernietigen van de schedel, eten ze de hersenen. (...)”

„Opnieuw daarna, een eeuwigheid later, worden [ze] geboren in de Grote Hel van het Zwaardbladeren Bos. Bij het aanzicht ervan verbeelden ze zich dat het er koel is en denken: „Laten we daarheen gaan en snel koelte bekomen” en ze lopen erheen. Ze hopen er een veilige plaats en hun toevlucht te vinden en met honderdduizenden verzamelen ze zich. Daarop gaan ze de Grote Hel van het Zwaardbladeren Bos binnen. Een hevige warme wind komt vanuit de vier windrichtingen. Wanneer de wind er is, vallen de ijzeren bladeren. Al vallend, snijden ze de handen af en snijden ze de voeten af (...). Ze snijden het lichaam in stukken en het bloed kleurt voor honderden duizenden jaren. (...)”

„Vervolgens verschijnen in de Grote Hel van het Zwaardbladeren Bos enorme honden. Met hun enorm lange tanden verscheuren ze de wezens. Ze villen hen van de voeten tot het hoofd en daarop vreten ze hen op. (...)”

„Vervolgens verschijnen in de Grote Hel van het Zwaardbladeren Bos enorme kraaien met twee koppen en ijzeren bekken. Levend pikken ze van op het voorhoofd de ogen uit en slikken ze in. Met hun bek breken ze het hoofd open, nemen de hersenen eruit en vreten ze op. (...)”

„Opnieuw daarna, een eeuwigheid later, (...) worden ze geboren in de Grote Hel van het IJzeren Kapokbomen Bos. De grote mesbomen zijn één yojana hoog en hebben naalden van zes voet lang. De wezens moeten er op- en afklimmen. Wanneer ze naar boven klimmen, richten de naalden zich neerwaarts. Wanneer ze naar beneden klimmen, richten de naalden zich opwaarts. De naalden van de mesbomen doorboren de wezens. (...)”

„Opnieuw daarna, een eeuwigheid later, (...) worden [ze] geboren in de Alkalische Rivier. Beide oevers zijn ontzettend hoog en rondom staan doornen. [De Alkalische Rivier] is gevuld met kokende as en pikdonker. Bij het aanzicht ervan verbeelden ze zich dat er steeds koel water is. Vervuld van deze gedachte, denken ze: „Laten we daarheen gaan en baden en drinken zoveel we willen en snel het verfrissende genot bekomen” en wedijverend lopen ze erheen en springen erin. Ze hopen er een vreugdevolle plek en hun toevlucht te vinden. Wanneer ze zich met honderden duizenden verzameld hebben, vallen ze in de Alkalische Rivier. Eens in de Alkalische Rivier stromen ze met de stroom mee en tegen de stroom in, (...). Hun huid verschroeit en valt af (...) tot alleen het gebeente overblijft. Aan beide oevers van de Alkalische Rivier staan hellecipers. In hun handen houden ze zwaarden, grote stokken en ijzeren vorken. Wanneer de wezens de oevers willen overkomen, duwen de hellecipers hen er opnieuw in.”

„Vervolgens staan er aan beide oevers van de Alkalische Rivier hellecipers met in hun handen haken. Ze vissen de wezens op en trekken ze uit de Alkalische Rivier. Wanneer ze hen op de hete ijzeren grond zetten, vatten ze vuur en gaan in hevige vlammen op. Ze heffen de wezens op, slaan er vreselijk mee en zetten ze [weer] op de grond. Op de grond laten ze hen tolleren en vragen: „Waarom zijn jullie gekomen?” De wezens antwoorden allen tezamen: „We weten niet waarom we zijn gekomen, we lijden gewoonweg grote honger.” Hierop grijpen de hellecipers de wezens. Ze zetten hen op een heet ijzeren bed (...) en openen hun mond met een hete ijzeren tang. Wanneer ze hete ijzeren ballen in hun mond stoppen, vat deze vuur en ze gaat in hevige vlammen op. De hete ijzeren ballen verbranden de lippen. Eens de lippen opgebrand, verbranden ze de tong. (...) Eens de maag opgebrand, gaan ze verder naar beneden het lichaam af. (...)”

„Daarop vragen de hellecipiërs de wezens: „Waar willen jullie heen?” De wezens antwoorden: „We weten niet waarheen we willen gaan. We lijden gewoonweg grote dorst.” Hierop grijpen de hellecipiërs de wezens. Ze zetten hen op een heet ijzeren bed (...) en openen hun mond met een hete ijzeren tang. Wanneer ze kokend brons in hun mond gieten, vat deze vuur en gaat in hevige vlammen op. Het kokende brons verbrandt de lippen. (...) Eens de maag opgebrand, loopt het verder naar beneden het lichaam af. (...)”

Een ander belangrijk sūtra uit de vroege periode is het *Sūtra over de Wijze en de Dwaas* (*Bālapaṇḍitasūtra*, Taishō ed. no. 26.199). Deze tekst beschrijft niet zozeer de folteringen in de hel dan wel de folteringen die men ondergaat vooraleer men in de hel geworpen wordt. Niettegenstaande dit verschil, is ook hier het beeld dat van de hellewereld gegeven wordt gebaseerd op het aardse gevangeniswezen. De verschijning van Yama, die de boosdoeners ondervraagt en dan de hel laat inwerpen, de hellecipiërs en de folteringen dragen alle bij tot dit beeld.

De misdadiger, alias de dwaas, wordt voorgesteld als iemand die „god noch gebod” kent. Hij kent geen respect voor de boeddhistische leer, noch voor religie in het algemeen. Hij is slecht in woord, daad en gedachte en zal als hellewezen herboren worden. Bovendien wordt de dwaas niet enkel in de hel, maar reeds tijdens zijn leven als mens onophoudelijk gekweld. Hij leeft immers in de voortdurende angst om zowel tijdens het leven als na de dood met zijn daden en de gevolgen ervan geconfronteerd te zullen worden. Hierin ziet men reeds de kiem van de veel jongere visie dat de bestaanswijzen, waaronder ook het hellebestaan, uitdrukking zijn van de mentale toestand waarin iemand zich bevindt, en niet van reële bestaanswijzen en werelden (WITANACHCHI 1993, p. 430a-b; MATSUNAGA & MATSUNAGA 1972, pp. 47-73; SADAKATA 1999, p. 25).

Een andere gedachte die uit de *Āgama*-sūtra's blijkt, is dat de levensduur in de hel afhankelijk is van de ernst van de misdaad. Het *Sūtra over de Hemelse Boodschappers* (Taishō ed. no. 26.64, p. 505 c20-c26) stelt:

„De wezens die in de hel hun slecht en onheilzaam karma nog niet helemaal tot een einde hebben laten komen en het nog niet volledig en zonder restant tot een einde hebben laten komen, vallen opnieuw in de Alkalische Rivier en opnieuw van achteren naar voren in de Grote Hel van het Ijzeren Kapokbomen Bos. (...) en opnieuw treden ze de Vier-Poorten-Hel binnen. De wezens die in de hel hun slecht en onheilzaam karma helemaal tot een einde hebben laten komen en het volledig en zonder restant tot een einde hebben laten komen, komen daarna terecht bij de beesten of bij de *preta*'s of worden in de hemel geboren.”

Een ander sūtra waar deze gedachte uit blijkt, is het *Kokālikasūtra*. Dit sūtra vertelt het verhaal van de monnik Kokālika die, na de eerbiedwaardige monniken Maudgalyāyana en Śāriputra beschimpt te hebben, een soort builenpest krijgt en in de zogenaamde Padma hel valt. De term „padma”, wat letterlijk „lotus” betekent, staat in dit verhaal voor de termijn die men moet „uitzitten.”

1.2. HET JONGERE BEELD

Het jongere hellebeeld verschilt van het oudere op twee belangrijke punten. Ten eerste neemt het aantal hellen toe van één tot acht grote hellen. Elk van deze hellen is identiek aan het Mahāniraya, kubusvormige citadels omgeven door vier keer vier foltertuinen die in de jongere teksten *utsada* worden genoemd. De acht hellen liggen alle onder elkaar, met helemaal onderaan Avīci, de onmiddellijke opvolger van het Mahāniraya en vandaar ook de meest verschrikkelijke en de grootste hel. De overige zeven hellen zijn alle even groot. Zoals ik in het artikel „Some Remarks on the Eight Great Hells in the Northern Buddhist Tradition” (VAN PUT 1999-2000) aantoon, kan men deze toename van één naar acht identieke hellen enkel tegen de achtergrond van een zich ontwikkelende kosmologie begrijpen. Pas dan wordt het duidelijk dat de acht hellen tot stand kwamen als tegenpool voor de hemelse regionen, zijnde de zes hemelen van de Kāmadhātu, aangevuld met de Rūpa- en Āryūpadhātu's.

Deze ogenschijnlijk eenvoudige aanpassing veroorzaakte echter andere verschuivingen in de conceptie van het hellebeeld. Een ingrijpend gevolg was bijvoorbeeld dat de locatie van de hellen werd aangepast aan het nieuwe wereldbeeld. Nu de hellewereld, die tot nu toe geen duidelijk omschreven locatie had, het tegengewicht ging vormen van de hemel, kregen de acht grote hellen ook een duidelijk omschreven plaats, namelijk vlak onder de hemelen en het aardvlak. Voorheen, vóór de verschillende hergeboorten gesystematiseerd werden in een totaal-kosmologie, stond de hel buiten het bestaande systeem, buiten deze wereld. Met andere woorden, het is omwille van de ontwikkelingen op kosmologisch vlak dat de hellewereld deel gaat uitmaken van deze wereld.

Terzelfdertijd leidde de ontwikkeling van het concept van de trichiliokosmos er tevens toe dat „buiten de wereld” de betekenis van „tussen de werelden” (Skt. *lokāntarika*) kreeg. Voorbeelden hiervan vindt men o.a. in de kosmologieën van de *Dīrghāgama* en verwante teksten, waarin steeds sprake is van „tussen de cakravāḍas” — dit zijn de buitenste bergketens die de werelden begrenzen — als locatie voor de hellen. Lokāntarika is een plaats waar zon noch maan komen, een plek gekenmerkt door „duisternis,” niet toevallig de term die men aanziet als de oudste benaming voor de hel in de Indische cultuur. Toen vervolgens de hellewereld vanuit *lokāntarika* naar het onderaardse verhuisde, bleven de tijdspannes „padma” enz., die in bepaalde tradities een leven waren gaan leiden als onafhankelijke hellen, achter in deze duistere, kille tussenwereld. Mogelijk beïnvloed door de Perzische cultuur gingen sommigen ze zien als „koude hellen.” Sommige latere doctrinaire werken brachten ze opnieuw onder bij de Acht Grote Hellen, waardoor ze uiteindelijk toch hun plaats binnen de cakravāḍa kregen. [3]

Een tweede belangrijk verschilpunt met het oudere beeld is dat de acht hellen en hun *utsada*'s meer en meer met bepaalde overtredingen verbonden worden. Het meest gestructureerd op dat vlak is de *Saddharmasmṛtyapasthānasūtra* (Taishō ed. no. 721), een tekst die eveneens een belangrijke bron van inspiratie

was voor de *Essentialia over Geboorte in het Zuivere Land* (*Ōjōyōshū*, Taishō ed. no. 2682), een Japans werk dat op zijn beurt erg invloedrijk is geweest bij de verspreiding van het boeddhistische hellebeeld in Japan. Zo ziet men dat in beide teksten de eerste hel, Saṃjīva, geassocieerd wordt met doodslag, de tweede, Kālasūtra, met diefstal, enz. Ook de *utsada*'s worden geassocieerd met een bepaalde overtreding. Bijvoorbeeld, wie doodt met een zwaard, komt in de derde *utsada* van de eerste hel terecht, wie doodt of kwelt door angstaanjagende geluiden, in de zesde. Met andere woorden, door de toename van de hellen krijgt men een diversificatie in de beschrijving van misdaden. Deze beschrijvingen zijn bijzonder interessant omdat ze een inzicht geven in de heersende moraliteit van die periode.

Een ander kenmerk van de meeste jongere teksten is de tendens om de misdaad met gelijke munt te bestraffen. Wie kippen pluimt, wordt de haren uitgetrokken; pedofielen krijgen kokend brons in de aars gegoten; homofielen worden omhelsd door een brandende man; moordenaars worden gedood, enz. De beschrijvingen in deze teksten doen denken aan Dantes *Divina Commedia*. Ook hier worden de verdoemden gestraft met hun misdaad. Hij noemt dit type van vergelding „*contrapasso*,” verpersoonlijkt in Bertrand de Born uit Canto XXVIII:

„...Ik bracht den vader en den zoon tegen elkaar in opstand;
Achitofel deed niet erger met Absolom
En David door zijn kwaadwillig stoken.”

„Omdat ik zulke nauw-verbondenen scheidde,
Draag ik mijn brein gescheiden, o wee mij!
Van zijn oorsprong, die in deze stomp is.”

„Zo wordt in mij aanschouwelijk de wet der vergelding.” [4]

Divina Commedia, Inferno, Canto XXVIII, 136-142.
Vertaling: Frederica Bremer in: Dante 1950, p. 337.

Net zoals Dante deze techniek gebruikt om de verbeelding van zijn publiek aan te wakkeren, zo bleven ook de boeddhistische voorbeelden van een *contrapasso* niet beperkt tot de schriftuur, maar werd er gretig gebruik van gemaakt door zowel de kunstenaars-monniken van de *De Infernis Libelli* als door de 18de eeuwse tekenaar van spotprenten Nichōsai (fig. 1).

2. *De Infernis Libelli* (*Jigoku-zōshi*)

2.1. *DE INFERNIS LIBELLI*

De *De Infernis Libelli* zijn een reeks van 12de eeuwse *emakimono* [5] met de hel als onderwerp. De benaming *Jigoku-zōshi* dateert uit de Edo-periode. Voorheen werden ze waarschijnlijk aangeduid met de meer algemene term „*roku-dō e*,” of „prenten over de zes bestaanswijzen.” Hoewel de *De Infernis Libelli* uit-



Fig. 1. — Hel van de Ikebana-meester door Nichōsai.

sluitend over de hel handelen, zijn er ook enkele gelijkaardige rollen met *Preta* en *Ziekte* (symbool voor het mensenbestaan?) als thema. Volgens sommige onderzoekers vormden ze samen met de *De Infernis Libelli* sets van rollen over de hergeboorte. Vandaag zijn er nog vijf rollen, maar mogelijk waren er meer. Van deze vijf zijn er drie originelen, en twee zijn kopieën uit de Edo-periode. Ze zijn gekend als:

1. Anjūin-rol (Tokyo National Museum).
2. Hara-rol (Nara National Museum, Boston Museum of Fine Arts).
3. Masuda-rol I (Gotō Art Museum, Seattle Art Museum, Nara National Museum, Miho Museum, privécollecties).
4. Masuda-rol III, kopie (Tokyo National Museum).
5. Masuda-rol IV, kopie (Tokyo National Museum).

De pedigree van de rollen gaat terug tot de eigenaars van de late Edo-periode. De uitstekende kwaliteit van de schilderijen en de kalligrafie tonen aan dat hun opdrachtgever tot de Heian-aristocratie behoorde. Hoewel er geen harde bewijzen voor zijn, wordt aangenomen dat de werken tot het bezit van de Renge-ō-in (Kyoto) behoorden. Deze hal, die vandaag beter gekend is als Sanjūsangendō, werd door keizer Go-Shirakawa (1127-1192) gebouwd als opslagplaats voor zijn kunstbezit. Gezien zijn interesse voor allerlei curiosa is het best mogelijk dat Go-Shirakawa zelf de bestelling plaatste. Zowel de Anjūin-rol als het gedeelte van de Hara-rol dat in bezit is van het Nara National Museum, zijn Nationale Kunstschaten (*J. kokuhō*). Ze dateren van het einde van de 12de eeuw.

Met uitzondering van fragment 7 van de Hara-rol en Masuda-rol IV, bestaat elke rol uit een aaneenschakeling van teksten met bijhorende illustraties. De teksten zijn Japanse samenvattingen van canonieke beschrijvingen, in vlotte taal gesteld. Elke beschrijving begint met de naam van de „hel” — meestal is het een *utsada* — gevolgd door een vermelding van de misdaad die ertoe leidt, en de folteringen die men er ondergaat. De *sūtra*'s die aan de basis van vier van de vijf rollen lagen, werden vorige eeuw door TANAKA ICHIMATSU (1930, pp. 3-8) geïdentificeerd als 1. de *Saddharmasmṛtyupasthānasūtra* en 2. het *Sūtra over het Ontstaan van de Wereld* (*J. Kisekyō*, Taishō ed. no. 24). De eerste tekst is een meditatie-handleiding, de tweede een kosmologie. Aangezien het tweede *sūtra*, dat teruggaat tot een tekst gedateerd 100 vóór Chr. - 200 na Chr., enkel algemene overtredingen vermeldt, werd het gedeelte over de gepleegde misdrijven aangevuld in de stijl van de latere *sūtra*'s, waar overtreding en straf gewoonlijk in typische *contrapassostijl* op elkaar afgestemd zijn. Zo is er bijvoorbeeld de beschrijving van de *utsada* Uitwerpselen. Volgens de originele tekst komen hierin diegenen terecht die „onheilzame en geen heilzame daden” (Taishō ed. no. 24, 321 a28) stelden. In de Hara-rol (no. 1) werd dit aangepast tot:

„Bovendien is er een annex, Uitwerpselen genaamd. Diegenen die vroeger toen ze mens waren, verdwaasd onreine dingen als rein aanzagen en bezoedelde dingen als onbezoedeld en die, hoewel ze in aanraking waren geweest met Boeddha's Wet, de drie kostbaarheden niet eerbiedigden, vallen in deze hel.”

De associatie tussen misdaad en straf is duidelijk.

In 1974 toonde KOBAYASHI (1974, pp. 362-364) aan dat de tekstuele bron van de Masuda-rol I één van de vele *Hōdatsukyō* („*Sūtra* over [de bodhisattva] *Hōdatsu*”) moet zijn geweest. De enige (gedeeltelijk) overgebleven *Hōdatsukyō* is deze die is opgenomen in tekst nr. 441 van de Taishō *Tripitaka*.

Taishō ed. nr. 441 is een Koreaanse compilatie bestaande uit dertig rollen, die tot het genre van de „*Sūtra*'s over de Boeddhanamen” (*J. Butsumyōkyō*) behoort. Dergelijke *sūtra*'s dienden als ondersteuning van een biechtritueel dat gekend was als de „Bijeenkomst [voor het reciteren] van de Boeddhanamen” (*J. butsumyō e*). Deze bijeenkomsten groeiden uit de Indische boeddhistische biecht voor monniken die gedurende de vastendagen (Skt. *uposadha*) gehouden werd. In China werd deelname aan deze openbare biecht als verdienstelijk aangezien en geritualiseerd. Naast monniken namen er ook leken aan deel. Naast het reciteren van boeddha-namen met de bede in hun respectievelijke boeddhalanden geboren te mogen worden en de openbare biecht, bestond het ritueel uit een derde onderdeel waarbij het bestaan in de hel werd beschreven als waarschuwing en als symbool voor het lijden. Men geloofde immers dat het louter aanhoren van hellebeschrijvingen en het aanschouwen van helleprenten de boetedoening van de toehoorders/toeschouwers bespoedigde (IENAGA 1960, p. 4).

De hellebeschrijvingen in Taishō ed. no. 441 (en vroeger ook in andere *Sūtra*'s over de Boeddhanamen) werden in de volksmond *Mezurasesukyō* („*Sūtra* over de Rākṣasa met het Paardenhoofd”) of *Hōdatsukyō* genoemd, naar de belangrijkste

tekst waarop de hellebeschrijving gesteund was (KUO 1995, pp. 246, 247, 250). Het verhaal, waarvan geen doorlopende versie meer bestaat, is eenvoudig: de bodhisattva Hōdatsu bezoekt telkens een hel met de Rākṣasa Paardenhoofd, de hellebeul met de paardenkop, als gids. Wanneer de beul uitlegt welke misdaden aan de basis van de verschrikkelijke folteringen liggen, verlaat Hōdatsu de hel al wenend.

De dertig beschreven hellen in Taishō ed. no. 441 zijn „*shamon jigoku*”, letterlijk „śramaṇa hellen”, of hellen bestemd voor boeddhistische asceten en monniken. Het is een type van hel dat pas vanaf de zesde eeuw voorkomt in Chinese werken van niet-Indische oorsprong (KUO 1995, pp. 254-256). Gezien het belang van de *Jigoku-zōshi* en het feit dat de Masuda-rol nooit in een westerse taal werd vertaald, geef ik tot slot de vertaling van deze rol. [6]

2.2. VERTALING MASUDA-ROL I

2.2.1. *Hel van de Laaiende Olifant* (Gotō Art Museum, Tokyo)



Tussen de cakravāḍas ligt een plaats genaamd „Hel van de Laaiende Olifant”. De wezens hier kwamen vroeger, toen ze mens waren, in contact met de Boeddhistische Wet. Ze werden śramaṇas en, ofschoon ze de reine moraliteit van de Tathāgata aanvaardden, onderhielden ze die niet. Zonder waardigheid zetten ze hun ontuchtige verlangens om in daden en met hun [?] lichaam besmeurden ze reine verblijfplaatsen met Boeddha’s afbeelding. Ze maakten inkervingen in boeddhistische afbeeldingen, doorboorden ze en dreven er de spot mee. Omwille van deze redenen zijn ze in deze hel terechtgekomen.

In deze hel bevindt zich een grote laaiende olifant. Zowel uit zijn mond als uit zijn ogen komen brandende vlammen. Wanneer de śramaṇas dit zien, krimpen ze in mekaar, ze verliezen de moed en kunnen niet meer voort. Op dat moment zijn de paardenhoofden van de hel er. Ze grijpen de śramaṇas vast en zetten hen op de brandende olifant. Wanneer de olifant opspringt, vallen de śramaṇas op de grond. De grond staat in lichterlaaie en verbrandt hun lichamen volledig. Ofwel worden ze door de olifant vertrappeld en verslonden. Aldus is het lijden dat ze

ondergaan. In één dag en één nacht sterven ze duizendmaal en ze komen duizendmaal tot leven. Hun eindeloze lijden is beklagenswaardig.

2.2.2. *Hel van de Schreeuwende Stemmen* (Seattle Art Museum, Eugene Fuller Memorial Collection)



Tussen de cakravāḍas ligt een plaats genaamd „Hel van de Schreeuwende Stemmen”. De wezens hier kwamen vroeger, toen ze mens waren, in contact met de Boeddhistische Leer. Hoewel ze als śramaṇas de zuivere verbodsbepalingen van de Tathāgata aanvaardden, konden ze het niet opbrengen ze te onderhouden. Zonder enig mededogen in het hart, deden ze dieren lijden door hen te slaan. Omwille hiervan komen vele śramaṇas naar de westelijke poort van deze hel. De Rākṣasas met paardenhoofd houden ijzeren stokken in de hand en slaan ermee de hoofden van de śramaṇas stuk. Op dat moment schreeuwen de śramaṇas het uit en wegvlochtend gaan ze de hellepoort binnen. Binnen woedt een hevig vuur en een rook- en vuurgloed laait op. Op dat moment worden de lichamen van de boosdoeners helemaal verschroeid. Hun lijden is niet om uit te houden.

2.2.3. *Vliegend Vuur* (privécollectie)



Tussen de cakravāḍas bevindt zich een hel genaamd „Vliegend Vuur”. De wezens in deze hel kwamen vroeger, toen ze mens waren, in contact met

Boeddha's Wet en werden bhikṣu, maar ze onderhielden de verbodsbepalingen van de Tathāgata niet. Zonder enig mededogen trokken ze kippen de vleugels uit en plukten hun veren. Ofwel trokken ze dieren de haren uit. [Zulke] bhikṣus vallen in deze hel. Binnen de vier muren van deze hel vliegen vlammetjes rond net als vogelveertjes. De vlammetjes kruipen in de ogen, neus en oren van de boosdoeners. Hun lijden is ondraaglijk, hun roepende stemmen als de donder.

2.2.4. Villen (privécollectie)



Tussen de cakravāḍas bevindt zich een hel genaamd „Villen”. De wezens in deze hel kwamen vroeger, toen ze mens waren, in contact met Boeddha's Wet. Echter, toen ze bhikṣu werden, onderhielden ze de reine moraliteit van de Tathāgata niet. Ze slachtten genadeloos dieren en vilden hun huid. [Zulke bhikṣus] vallen hierin. Op deze plaats zijn hellecipers. Ze villen de boosdoeners. Hoewel de boosdoeners het uitschreeuwen, zijn [de cipers] absoluut niet van plan hen te redden. Ik weet niet waarmee hun lijden te vergelijken.

2.2.5. Hel van de Kokende Uitwerpselen (Nara National Museum)



Tussen de cakravāḍas is er een plaats genaamd „Hel van de Kokende Uitwerpselen”. De wezens hier kwamen vroeger, toen ze mens waren, in contact

met Boeddha's leer en werden śramaṇa. Ze aanvaardden de reine moraliteit van de Tathāgata, maar ze konden het niet opbrengen deze rein te houden. Ze vonden genoeg in het drinken van alcohol, in het eten van de vijf bitterheden, of nog in het oppeuzelen van het vlees van levende dingen. [Zulke] śramaṇas komen naar deze hel. In deze hel stromen van oost naar west kokende uitwerpselen en van zuid naar noord stinkende etter. De alomtegenwoordige stank en viezigheid is met niets te vergelijken. Binnen komen rook en vuur op en vermengen zich ermee. Wanneer de zeshonderd śramaṇas, die door de noordelijke poort van de citadel komen, dit zien, is noch hun geest noch lichaam opgewassen tegen het lijden dat hen te wachten staat. Vuur spuit uit hun mond en ogen. Onmiddellijk grijpen de hellecipers de śramaṇas en dompelen ze allen onder in de stroom van uitwerpselen. Op dat moment lopen de uitwerpselen in de mond van de śramaṇas en komen er langs hun neus weer uit, ze lopen hun neus in en komen er langs hun mond weer uit. Op één dag sterven ze honderdmaal en ze worden honderdmaal geboren. Hun lijden is weergaloos.

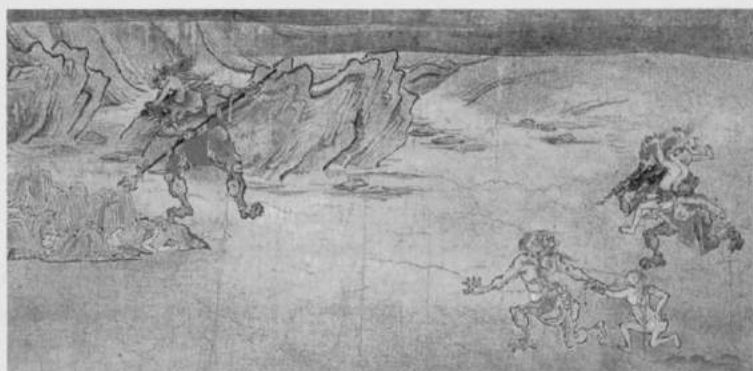
2.2.6. *Ontwrichten* (Miho Museum)



Tussen de cakravāḍas bevindt zich een hel genaamd „Ontwrichten”. De wezens in deze hel kwamen vroeger, toen ze mens waren, in aanraking met Boeddha's Leer. Hoewel ze bhikṣu werden, onderhielden ze de verbodsbepalingen van de Tathāgata niet. Ze doodden levende wezens en haalden hun gewrichten uit elkaar. [Zulke bhikṣus] worden hier geboren.

Op deze plaats zijn hellecipers. Ze grijpen de slechte bhikṣus, scheuren hun ledematen los, halen de gewrichten uit elkaar, snijden ze in stukjes en malen ze tot ze [fijn] als zand zijn. Wanneer ze dan, hen aldus bereid hebbend, op hun snijplanken slaan en vrolijk zingen, dan worden [de boosdoeners] opnieuw mensen. Mens geworden, snijden ze hen opnieuw in schijfjes als waren ze vis. Ik weet niet waarmee hun lijden te vergelijken.

2.2.7. *IJzeren Berg* (privécollectie)



Tussen de cakravāḍas bevindt zich één hel „IJzeren Berg” genaamd. De wezens in deze hel kwamen vroeger, toen ze mens waren, in contact met Boeddha’s Wet. Hoewel ze bhikṣu werden, onderhielden ze de verbodsbepalingen van de Tathāgata niet.

Volkomen meedogenloos slachtten ze dieren, braadden hun vlees, kookten het en aten het op. [Zulke bhikṣus] worden hier geboren. In deze hel is een ijzeren berg. Aan de voet van de berg is een gat. In het gat zit een vloeibaar kokend brons. De helliciërs grijpen de monniken en stoppen hen in het gat. Op dat ogenblik worden de lichamen van de slechte monniken gekookt tot ze uiteenvallen. Dat ze niet eens in staat zijn te roepen, wekt medelijden.

NOTEN

- [1] *Preta*’s behoren, samen met de dieren, en soms ook de *asura*’s, tot de onheilzame bestaanswijzen. Omdat ze tijdens hun leven vrekking en inhalig waren, lijden de *preta*’s onlesbare dorst en onverzadigbare honger. Dit kenmerk verklaart de Chinese vertaling als „Hongerige Geest.”
- [2] *Asura*’s zijn vergelijkbaar met Titanen. Ze bestrijden de hemelingen.
- [3] Voor een gedetailleerde beschrijving van de koude hellen en hun oorsprong, zie mijn boek „Buddhist Hells”, dat binnenkort wordt uitgegeven bij SUNY Press.
- [4] Het laatste vers leest: „Così s’osserva in me lo *contrapasso*.”
- [5] *Emakimono* zijn horizontale rollen met geïllustreerde verhalen. Meestal zijn de illustraties voorzien van een begeleidende tekst, maar niet altijd.
- [6] De vertaling van de Anjūin- en Hara-rollen werd eerder gepubliceerd in GUTIERREZ 1967.

REFERENTIES

- DANTE, A. 1950. *Divinia Commedia I Inferno* (met een Nederlandse vertaling door Frederica Bremer en inleidende verklaringen naar aantekeningen van Wilhelmina Kuenen.). — Haarlem, H. D. Tjeenk & Zoon.
- GEDEN, A. (z.d). Upanisads. — In: HASTINGS, J. (Ed.), *Encyclopaedia of Religion and Ethics*, vol. 11. New York, Charles Scribner's Sons, pp. 829b-833b.
- GUTIERREZ, F. G. 1967. Emakimono Depicting the Pains of the Damned. — *Monumenta Nipponica*, 22 (3-4): 278-289.
- IENAGA, S. 1960. Rokudō-e to sono rekishi. — In: KADOKAWA SHOTEN HENSHŪBU (Ed.), *Nihon emakimono zenshu, Jigoku-zōshi, Gaki-zōshi, Yamai no sōshi*, 6: 3-13.
- KEITH, A. B. (z.d.). State of the Dead (Hindu). — In: HASTINGS, J. (Ed.), *Encyclopaedia of Religion and Ethics*. New York, Charles Scribner's Sons, vol. 11, pp. 843a-847a.
- KOBAYASHI, T. 1974. *Hekija emaki ni tsuite; Butsumyō to shamon, Jigoku-zōshi (dai Shen)*. — In: *Kobayashi Taichirō chosakushū. 5, Nihon geijutsuron hen 1: Yamato-e shiron*. Kyōto Tankōsha.
- KUO, L. 1995. La récitation des noms de Buddha en Chine et au Japon. — *T'oung Pao*, 80: 230-268.
- MATSUNAGA, A. & MATSUNAGA, D. 1972. *The Buddhist Concept of Hell*. — New York, Philosophical Library.
- RADHAKRISHNAN, S. 1941. *Indian Philosophy* (vol. 1). — In: Turner, J. E. (Ed.), *The Muirhead Library of Philosophy*. London, George Allen & Unwin Ltd.
- SADAKATA, A. 1999. *Buddhist Cosmology. Philosophy and Origins* (with a foreword by Hajime Nakamura.). — Tokyo, Kōsei Publishing Co.
- TANAKA ICHIMATSU 1930. *Nihon emakimono shūsei*, 9. — Yūzankaku.
- VAN PUT, I. 1999-2000. Some Remarks on the Eight Great Hells in the Northern Buddhist Tradition. — *The Indian International Journal of Buddhist Studies*, n.s. (1): 75-82.
- WITANACHCHI, C. 1993. Heaven and Hell. — In: MALALASEKERA, G. P. & WEERARATNE, W. G. (Eds.), *Encyclopaedia of Buddhism*, vol. 5, Sri Lanka, State Printing Corporation, pp. 421-432.

Posttransitie in de Democratische Republiek Congo*

door

Koen VLASSENROOT** & Timothy RAEYMAEKERS**

TREFWOORDEN. — Politieke transitie; Democratisering; DR Congo; Conflict-dynamieken.

SAMENVATTING. — Het Congolese transitieproces is in een cruciale fase beland. In december 2005 wordt gestemd over het referendum, terwijl de presidents- en parlementsverkiezingen werden gehouden in 2006. Toch blijft het afwachten of dit transitieproces ook tot een duurzame vrede zal leiden. De hervorming van het leger verloopt uiterst moeizaam; in grote delen van het oosten blijven binnen- en buitenlandse gewapende groepen verantwoordelijk voor een klimaat van onveiligheid; corruptie heeft zich op ieder niveau van de samenleving geconsolideerd en het vertrouwen van de bevolking in de nieuwe politieke klasse is bijzonder klein.

Wij zullen in deze voordracht ingaan op de knelpunten, de uitdagingen en de mogelijke struikelblokken van het Congolese transitieproces. Wij zullen ook mogelijke toekomstscenario's schetsen en enkele algemene bedenkingen presenteren bij de internationale aanpak van conflicten in Afrika.

MOTS-CLES. — Transition politique; Démocratisation; RD Congo; Dynamiques du conflit.

RESUME. — *Post-transition en République Démocratique du Congo.* — Le processus de transition congolais est entré dans une phase cruciale. Le référendum est soumis au vote en décembre 2005, tandis que les élections présidentielles et parlementaires sont organisées en 2006. Cependant, il reste à savoir si ce processus de transition mènera aussi à une paix durable. La réforme de l'armée avance très laborieusement; des troupes armées intérieures et étrangères sévissent dans les grandes régions de l'est, créant un climat d'insécurité; la corruption se trouve renforcée à tous les échelons de la société et la confiance de la population en la nouvelle classe politique est particulièrement faible.

Dans cet exposé, nous aborderons les points chauds, les défis et les pierres d'achoppement éventuelles du processus de transition congolais. Nous esquisserons également de futurs scénarios possibles et soumettrons quelques réflexions générales sur l'approche internationale des conflits en Afrique.

* Mededeling voorgesteld tijdens de zitting van de Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen van 17 januari 2006. Beslissing tot publiceren genomen op 12 december 2006. Definitieve tekst ontvangen op 16 januari 2007.

** Conflict Research Group, Universiteit Gent, Universiteitsstraat 8, B-9000 Gent (België).

KEYWORDS. — Political Transition; Democratization; DR Congo; Conflict dynamics.

SUMMARY. — *Post-transition in the Democratic Republic of Congo.* — The Congolese Transition Process has entered into a crucial phase. In December 2005, the referendum was put to the vote whereas the presidential and parliamentary elections were held in the first half of 2006. However, it remains to be seen if this transition process will lead also to a long-lasting peace. The army reform is making very slow progress; in the large eastern areas, internal and foreign armed troops are acting and creating a climate of insecurity; corruption is getting stronger at all levels of society and population confidence in the new political community is particularly low.

In this presentation, we will deal with the burning issues, challenges and possible stumbling blocks of the Congolese transition process. We will outline future possible scenarios and will make a few general remarks on the international approach of conflicts in Africa.

Inleiding

Wie vandaag een bezoek brengt aan de Democratische Republiek Congo zal zich allicht niet van de indruk kunnen ontdoen dat de oude sfeer van het Mobutisme zich stilaan aan het herstellen is. Bij een reis door het binnenland wordt men steevast geconfronteerd met talloze controleposten bevolkt door politie-eenheden, soldaten van het nieuwe, eengemaakte leger of zelfs agenten van de provinciale diensten voor toerisme. Deze posten hebben allemaal hetzelfde doel: het afromen van passagiers op weg naar de markt of de stad. Waar men ook komt, ze zijn een voortdurende bron van economische en fysieke onveiligheid. Ook in de steden gelden vandaag gelijkaardige omstandigheden. Politiecontroles hebben tot doel inkomsten te verwerven voor de agenten en hun oversten. Dergelijke systemen worden vandaag op een veralgemeende manier uitgebouwd door alle overheidsdiensten en moeten zorgen voor eigen inkomsten en formele belastingen omzeilen. Justitie functioneert enkel ten voordele van diegenen die ervoor betalen. Aan de grensposten wordt het gros van de handelswaren gesmokkeld met medewerking van douanebeambten en zijn zakenlui verplicht privéafspraken te maken met staatsbeambten om hun goederen de grens over te krijgen. Het gevolg van deze onderhandelingen is dat enkel nog een fractie van de echte belastingen wordt geïnd maar dat de hoofden van de verschillende diensten een (privé)vergoeding krijgen van de handelaar. Kleinere handelaars en bezoekers van lokale markten hebben dan weer af te rekenen met een toenemend aantal (illegale) belastingen en voortdurende pogingen tot intimidatie. In lokale mijncentra zorgt een militaire controle van de exploitatie van natuurlijke rijkdommen voor extra inkomsten, terwijl de hogere militaire hiërarchie via het opnemen van 'spooksoldaten' een verhoging van het militaire budget (en de mogelijkheid om delen hiervan af te romen) tracht af te dwingen.

Vreemd genoeg is het dankzij het vredesproces, dat onder meer heeft gezorgd voor een hernieuwde stabiliteit en territoriale eenmaking, dat dergelijke praktijken zich opnieuw ten volle hebben kunnen ontplooiën. Het principe van

machtsdeelname omwille van persoonlijk gewin — één der voornaamste kenmerken van Mobutu's machtsperiode — lijkt zich opnieuw te consolideren. Gezien de onzekere uitkomst van het vredesproces is de voornaamste drijfveer van de deelnemers hun eigen fysieke, persoonlijke en economische overleving veilig te stellen. Het door de internationale gemeenschap gefaciliteerde transitieproces mag dan al geleid hebben tot het vrijmaken van de weg naar democratische verkiezingen (de eerste in meer dan veertig jaar), van „goed” bestuur is nauwelijks sprake.

En toch is deze tendens niet zomaar een terugkeer naar het Mobutisme. Deze vorm van neopatrimoniaal bestuur werd door Mobutu zelf verheven tot de ultieme strategie van zelfontplooiing doch leidde uiteindelijk de ineenstorting van het staatsapparaat in. Eén van de gevolgen van het Congolese conflict is immers het ontstaan van talloze concurrerende machtscentra, die zich op lokaal niveau hebben geconsolideerd dankzij hun (gewelddadige) controle over economische bronnen. De meeste van deze machtscomplexen hebben zich vandaag in de nieuwe overheidsstructuren geïntegreerd en steunen officieel het democratiseringsproces. Deze strategie is er echter vooral op gericht hun lokale machtspositie te behouden. Door het in stand houden van een klimaat van structurele onveiligheid wordt het mogelijk hun positie van *gatekeeper* te handhaven en door het in stand houden van parallelle machtsstructuren hebben zij indirect toegang tot de voornaamste economische bronnen van de Staat. Deze situatie verschilt waarschijnlijk niet veel van andere transitieprocessen in Afrika, waar oude politieke elites snel bereid werden gevonden om via een akkoord de politieke toekomst van hun land te bezegelen in ruil voor persoonlijk financieel gewin [1]*. Ook vertoont de huidige situatie sterke gelijkenissen met het Congo van na de onafhankelijkheid, waar toegang tot politieke macht voornamelijk werd geregeld via 'patrimoniaale' netwerken in plaats van door democratische vertegenwoordiging. De echte vraag blijft echter hoe de toekomst van Congo eruit zal zien als deze situatie haar logische uitkomst bereikt. Is het huidige transitieproces gewoon een terugkeer naar de Afrikaanse *politics of the belly* zoals het zo gepast door Bayart [2] werd beschreven? Of observeren we een andere manier van Afrikaanse staatsvorming die voortkomt uit de huidige politieke crisis? Als een stabiele democratie niet de verwachte uitkomst is van het transitieproces in Congo, welke alternatieven zullen zich dan wel ontwikkelen?

Steunend op recent veldwerk in verschillende delen van het land suggereert deze studie alvast een evolutie van het politieke klimaat naar een vorm van 'gemedieerde' Staat, waarbij vertegenwoordigers van het politieke centrum niet alleen een patrimoniale vorm van bestuur trachten te consolideren doch hiervoor in toenemende mate verplicht zullen worden te onderhandelen met een reeks van

* De cijfers tussen haakjes [] verwijzen naar de noten pp. 295-296.

autonome politieke machtscentra, zonder wier steun het onmogelijk is om een (indirecte) controle te kunnen (blijven) uitoefenen over de bevolking en het Congolese grondgebied. De 'partners' van de Congolese overheid in deze oefening zijn de verschillende 'machtsstructuren' die zich hebben gevestigd tijdens de oorlog [3]. Hoewel de perspectieven van deze tendens nog onzeker zijn, zou het best wel eens het enige alternatief kunnen zijn dat de Congolese overheid op dit moment ter beschikking heeft om aan staatsopbouw te doen, aangezien het de noodzakelijke middelen mist om in een aantal cruciale overheidstaken te voorzien. Bovendien is de 'gemedieerde' Staat misschien ook het enige alternatief voor een totale territoriale versplintering, aangezien het weinig waarschijnlijk is dat de verschillende lokale machtsstructuren na de verkiezingen aan belang zullen inboeten.

Van oorlog naar transitie

Sinds het begin van de oorlog in 1996 heeft Congo nauwelijks stabiliteit gekend. Na toenemende gewapende activiteiten van Rwandese en Burundese rebellengroepen vanuit vluchtelingenkampen gelegen in het oosten van Congo, besloot een regionale coalitie o.l.v. Kabila met de directe steun van een aantal buurlanden om in oktober 1996 een gewapende strijd te beginnen tegen de restanten van het Mobuturégime. Amper zeven maanden later slaagden Kabila's troepen in hun opzet en werd Mobutu van de macht verdreven. De situatie van politieke stabiliteit was echter van korte duur. Toen de nieuwe Congolese president in de zomer van 1998 een oplossing zocht voor de militaire invloed van buurlanden Rwanda en Oeganda (zijn twee belangrijkste steunpilaren tijdens de oorlog) en hen verzocht het grondgebied te verlaten, besloten deze buurlanden een nieuwe rebellenbeweging te vormen die in augustus 1998 een militaire campagne begon tegen Kabila Sr. Hoewel Rwanda en Oeganda hadden gehoopt op een gelijkaardig scenario als in 1996, evolueerde deze campagne snel tot een uitzichtloze strijd. De anti-Kabilacoalitie viel uit elkaar, nieuwe milities werden gevormd en oude coalities werden vervangen door nieuwe militaire allianties. Het resultaat van deze fragmentering was dat een jaar na het begin van de tweede Congolese oorlog strijd werd geleverd door talloze rebellengroepen, buitenlandse reguliere legers en binnen- en buitenlandse milities. Het Congolese grondgebied werd opgedeeld in een lappendeken van zones waar iedere gewapende groep zijn eigen machtsstructuren uitbouwde en trachtte te consolideren. Maar snel werd het tweede Congolese conflict ook gekenmerkt door een nieuw fenomeen. Hoewel politieke, nationalistische eisen het officiële discours vormden van de meeste gewapende groepen, werd ook de controle over Congo's uitgestrekte bodemrijkdom een inzet van de oorlog. De meeste spelers trachtten greep te krijgen op lokale mijnactiviteiten, een controle die niet alleen toeliet de gewapende strijd te financieren maar ook economische en sociale macht over de bevolking te

verwerven en te consolideren. Deze macht uitte zich in de eerste plaats in nieuwe mechanismen van uitbuiting. Johan Pottier spreekt in dit verband van de controle over *unfree labour of the unprotected*: milities boden „bescherming” aan de grotendeels verpauperde plattelandsbevolking in ruil voor gedwongen arbeid. Op deze manier konden deze milities hun economische en politieke macht verder uitbreiden [4]. Een andere uitkomst was de vorming van informele samenwerkingsverbanden tussen Congolese milities, hun buitenlandse patroons en lokale en buitenlandse handelaars. Deze netwerken maakten het onder meer mogelijk mineralen en tropisch hardhout te exporteren, en wapens te importeren. Dergelijke netwerken leverden het Congolese conflict het imago op van een strijd om grondstoffen, een simplistische analyse die ook door tal van niet-gouvernementele organisaties werd verspreid [5].

Pas in juni 2003, voornamelijk als gevolg van toenemende diplomatieke druk, kon uiteindelijk een overgangsregime worden geïnstalleerd. De nieuwe regering, samengesteld uit de verschillende strijdende partijen en de niet-gewapende oppositie, had tot voornaamste taak nieuwe staatsstructuren uit te tekenen en verkiezingen te organiseren. Ze diende rebellenbewegingen en milities te integreren in een nieuw Congolees leger en een plan voor economische heropbouw uit te werken. De nieuwe Congolese regering kon hiervoor rekenen op massale internationale hulp, terwijl een missie van de Verenigde Naties (MONUC) moest instaan voor vrede en veiligheid. Tegelijk vormden verschillende donoren samen een internationaal comité ter ondersteuning van de transitie. Dit comité moest de Congolese overgangsinstellingen onder druk zetten wanneer deze zich niet hielden aan de afspraken. Hiernaast kwam een massale internationale geldstroom op gang die de nieuwe Congolese overheid moest toelaten te besturen (koploper was de Europese Unie, die sinds 2002 al bijna 600 miljoen euro besteedde aan het Congolese vredesproces). Het resultaat was dat het parlement werk kon maken van een nieuwe wetgeving. Een ontwerp van grondwet werd via referendum goedgekeurd en democratische verkiezingen werden voorbereid, die uiteindelijk leidden tot de verkiezing van een president, parlement en provinciale raden.

Of deze resultaten voldoende zijn om een duurzame vrede op te bouwen valt echter ten zeerste te betwijfelen. Veeleer lijkt het erop dat in het oosten van het land een zekere vorm van stabiliteit in de belangrijkste steden van het land gepaard gaat met een blijvende vorm van geweld op het platteland. Na een periode van relatieve stabiliteit in 2005, zijn spanningen opnieuw opgelopen en werden verschillende militaire confrontaties genoteerd. In sommige rurale gebieden lijkt de toestand vandaag zelfs slechter dan tijdens de oorlog, vlak na de ondertekening van het Lusaka vredesverdrag (1999). De Congolese transitie lijkt een nieuwe logica van geweld te hebben geïntroduceerd, die erop gericht was een deelname af te dwingen in de centrale beslissingscentra. Het gevolg van dergelijke omstandigheden is het ontstaan van een ‘noch oorlog noch vrede’ situatie, die nauwelijks perspectieven biedt op economische ontwikkeling, geweld als strategie consolideert en die oude breuklijnen en conflictorzaken onopgelost laat. Het is een

gedroomd scenario voor de verdere consolidatie van het patrimonialistische regime, maar een nachtmerrie voor de lokale bevolking en de internationale horde van vredeswerkers, die zich momenteel staan te verdringen in Congo.

Oost-Congo, grootste knelpunt voor vrede?

Voorals de situatie in Oost-Congo blijft de doorn in het oog. Dit deel van het land wordt nog steeds gekenmerkt door verregaande politico-militaire fragmentering, sociale polarisatie en een voortdurende context van geweld. In Ituri zetten lokale milities het vredesproces onder voortdurende druk. Oorzaak van de vorming van deze milities is een oud dispuut om toegang tot land, dat zich heeft vertaald in een conflict tussen de Hema- en Lendugemeenschappen. Hoewel sinds de inmenging van Oeganda dit dispuut is geëvolueerd naar een strijd om politieke macht en controle over lokale goudmijnen, bleef de burgerbevolking het voornaamste doelwit. Toen in 2003 een hevige strijd losbrak om de controle over Bunia, werd o.l.v. Frankrijk een militaire operatie opgezet die de stad vrij moest maken van de aanwezigheid van gewapende groepen. Na deze korte militaire interventie, die tijdelijk het tij kon doen keren, werden VN-blauwhelmen ingeschakeld om de strijdende partijen te ontwapenen. Het is pas na de moord op een aantal blauwhelmen in 2005 dat verhoogde druk op deze lokale milities ook werd omgezet in een militaire strategie. Hoewel een groot aantal militieleden hierop de wapens neerlegde, hebben de restanten van verschillende groepen zich verenigd tot een nieuwe rebellengroep en blijft de humanitaire situatie op het platteland zorgwekkend. Volgens verschillende waarnemers zouden zelfs de wapenleveringen vanuit Oeganda blijven doorgaan. De recente jacht op leden van deze milities heeft geleid tot een massale volksverhuizing: meer dan tienduizend mensen moesten op de vlucht als gevolg van een gezamenlijke operatie van de VN-troepen en het Congolese leger tegen de overblijvende leden van het FNI (*Front Nationaliste et Intégriste*) en leden van het MRC (*Mouvement Révolutionnaire Congolais*), een militia die nog steeds leden rekruteert binnen de lokale bevolking [6]. Een groot succes werd deze strategie niet. Het Congolese leger zag zich in juli 2006 zelfs verplicht om onderhandelingen aan te knopen met de leider van het FNI omdat het nauwelijks greep kreeg op de situatie. Belangrijke posten binnen het nationale leger werden aangeboden in ruil voor demobilisatie, maar begin 2007 moet worden vastgesteld dat, ondanks het akkoord van de militieleiders, het demobilisatieproces verre van gerealiseerd was.

Een gelijkaardige situatie geldt ook in grote delen van Noord- en Zuid-Kivu. Hier zijn de belangrijkste redenen van het geweld een rebellie van militairen o.l.v. Laurent Nkunda en de aanwezigheid van de restanten van de Interahamwe, een Rwandese Hutumilitie die mee de genocide uitvoerde in Rwanda en zich sinds 1994 schuilhoudt in Oost-Congo. Deze Rwandese rebellen hebben zich sindsdien gehegroepeerd tot de *Forces Démocratiques pour la Libération du Rwanda*

(FDLR). Mede omwille van hun bondgenootschap met de Congolese Mayi-Mayimilities konden de FDLR tijdens de oorlog rekenen op militaire steun vanuit Kinshasa. Sinds de start van het transitieproces zijn de FDLR meer en meer geïsoleerd geraakt. Door toedoen van de San Egidiegemeenschap ondertekende de FDLR-leiding in 2005 een verklaring dat ze haar strijd wilde staken en bereid was tot een totale demobilisatie en repatriëring naar Rwanda. Maar de impact van deze verklaring op het gedrag van de militieleden in Congo zelf bleef beperkt en heeft zelfs tot interne tegenstellingen geleid. Terwijl een kleine groep FDLR-strijders is teruggekeerd naar Rwanda, voeren andere FDLR-groepen in grote delen van Noord- en Zuid-Kivu nog steeds gewapende acties uit. Hun aanwezigheid vormt tegelijk een blijvende doch beperkte bedreiging voor het Rwandese regime en een ideaal excuus voor een mogelijke Rwandese militaire inmenging in Oost-Congo. Het Congolese leger krijgt amper greep op deze gewapende groep en onderhoudt in sommige regio's zelfs goede banden met deze militie.

De situatie in Noord-Kivu wordt verder gedestabiliseerd door de weigering van een deel van de oude RCD-rebellenbeweging om zich te integreren in het Congolese leger. Leider van deze beweging is Laurent Nkunda, een ex-RCD-commandant die behoort tot de Banyarwandagemeenschap en die mee verantwoordelijk was voor de aanval op Bukavu in juni 2004. Sindsdien heeft hij zich teruggetrokken in het binnenland van Noord-Kivu. Nkunda kan rekenen op grote steun van Banyarwandamilitairen en politici omdat hij uitdrukking geeft aan de vrees voor marginalisering van deze gemeenschap. Nkunda's rebellie staat een integratie van gewapende groepen in het nieuwe Congolese leger in de weg en geeft aanleiding tot regelmatige militaire confrontaties met eenheden van dit Congolese leger. De militaire versplintering van deze provincie wordt verder in de hand gewerkt door het bestaan van verschillende autonome Mayi-Mayigroepen die zich verzetten tegen het vredesproces en hun positie legitimeren met het argument dat ze de lokale gemeenschappen moeten beschermen tegen Nkunda's militaire macht. In werkelijkheid is de controle over lokale mijnen de voornaamste drijfveer voor hun bestaan geworden.

Een laatste bron van destabilisatie is de situatie in Noord- en Centraal-Katanga, waar plaatselijke Mayi-Mayigroepen slaags zijn geraakt met het Congolese leger. Deze Mayi-Mayimilities werden tijdens de oorlog opgericht door President Laurent Kabila om strijd te leveren tegen de door Rwanda gesteunde RCD-rebellenbeweging. Na de start van de transitie wou Joseph Kabila deze Mayi-Mayimilities ontmantelen en haar strijders ofwel integreren in het nieuwe nationale leger, ofwel demobiliseren. Verschillende leden van de Katangese politieke elite hebben getracht dit plan te dwarsbomen. Ze hebben hierdoor bijgedragen tot de vorming van een zeer explosieve situatie en een verdere fragmentering van het lokale militaire landschap. In wat ondertussen de 'driehoek des doods' wordt genoemd (de regio tussen Pweto, Manono en Mitwaba) bleven verschillende Mayi-Mayigroepen strijd leveren tegen het Congolese leger, dat eind 2005 een nieuw offensief tegen deze milities startte.

Het gevolg was het ontstaan van een massale vluchtelingenstroom. De voornaamste Mayi-Mayileider (Commandant Gedeon) heeft zich ondertussen overgegeven en Monuc heeft een nieuw bataljon blauwhelmen geïnstalleerd, wat enig perspectief op een verbeterde situatie brengt. De explosieve situatie in Katanga wordt echter verder in de hand gewerkt door de mobilisatiecampagnes van lokale politici (vaak met betrokkenheid van politici uit Kinshasa), waardoor historische tegenstellingen tussen de lokale en allochtone bevolkingsgroepen (Katangezen versus Kasaiens) en tussen het noorden en het zuiden van de provincie worden verscherpt. Ook hier wordt een strategie van onderhandeling gecombineerd met een militaire strijd tegen deze gewapende groepen. Gedeon werd onlangs een officiersfunctie in het Congolese leger beloofd, in ruil voor het staken van zijn strijd.

Uiteraard zijn de aanwezigheid van de FDLR, de campagnes van gewapende groepen in Ituri of het gedrag van lokale politici en milities in Katanga niet de enige oorzaken voor het aanhoudende geweld. Ze zijn de uitdrukking van pogingen van de deelnemers aan de transitie om via het nieuwe formele kader van de transitie de machts- en controlestructuren die tijdens de oorlog werden opgebouwd verder te consolideren. Zowel de groep rond President Kabila als de voornaamste rebellenbewegingen hielden ook na juni 2003 parallelle militaire structuren in stand. Deze structuren vormen het voornaamste struikelblok voor de vorming van een nieuw eenheidsleger maar bemoeilijken ook ieder politiek bestuur van het land. Op verschillende momenten trokken ex-rebellengroepen zich terug uit de transitie-instellingen om pas na internationale druk opnieuw in de transitie te stappen. Anderen namen opnieuw de wapens op omdat ze vreesden volledig gemarginaliseerd te raken. Dit was bijvoorbeeld het geval met een groep Banyamulengemilitairen die in 2004 kortstondig de controle over de stad Bukavu overnamen — een bezetting die gepaard ging met massaal geweld. Eind 2004 brak een munitiejacht uit in Noord-Kivu, die leidde tot een militaire confrontatie met het nieuwe Congolese eenheidsleger en een *de facto* verlies van controle door Kinshasa over delen van deze provincie. In 2005 en 2006 gingen opnieuw militairen in Noord-Kivu aan het muiten. Verschillende Mayi-Mayigroepen voelen zich dan weer gefrustreerd omdat ze binnen het eenheidsleger amper kunnen doorstoten tot de hogere kaders.

Het Congolese conflict heeft, net als andere oorlogen in Afrika, bovendien aangetoond dat de belangen van lokale elites het best gegarandeerd worden via het in stand houden van informele machtscentra die ofwel kunnen opereren buiten de Staat om ofwel van binnenin de Staat. Het overleven van deze centra hangt niet zozeer af van de bereidwilligheid van haar leiders om het huidige vredesproces te ondersteunen, maar van de mogelijkheid om zich te integreren in informele, transnationale politico-militaire netwerken. Dergelijke netwerken laten immers toe hun politieke en economische controle op lokaal niveau te consolideren. Het gevolg is het ontstaan van nieuwe vormen van bescherming, legitimiteit en recht op welvaart, en van nieuwe vormen van autoriteit en zones

van alternatieve sociale, politieke en economische regulering. Deze nieuwe machtscentra hebben zich in het geval van Congo zowel op lokaal als op nationaal vlak geconsolideerd. In het oosten van het land vallen talloze enclaves onder controle van lokale milities, terwijl op nationaal niveau parallelle machts- en commandostructuren ervoor zorgen dat het tijdens de oorlog opgebouwde controleapparaat wordt veilig gesteld. Het hoeft hierbij niet *per se* om autonome politico-militaire structuren te gaan. Ook de integratie in de transitiestructuur biedt talloze opportuniteiten. Het voorbeeld van de toenemende corruptie is hierbij zeer illustratief. Corruptie, politieke manipulatie en het opzetten van systemen om middelen te verwerven maken iedere vorm van bestuur onmogelijk en leggen een hypotheek op de pogingen om een nieuwe staat uit te bouwen.

Deze dynamiek is wellicht het best zichtbaar in de Congolese mijnsector. Een rapport uit 2005 van een Congolese parlementaire commissie, die werd opgericht om de mijncontracten die werden afgesloten tijdens de oorlog te onderzoeken, maakte duidelijk dat corruptie steeds structurelere vormen aanneemt. Het rapport identificeerde verschillende bedrijven, waarvan een aantal verwant met President Kabila, die zich inlieten met deze frauduleuze overeenkomsten. Ondanks het verschijnen van het rapport draait het zakenleven in Congo als vanouds: volgens een vertegenwoordiger van de Wereldbank zijn de toekenningen van exploitatierechten in de mijnsector en de bosbouw verviervoudigd gedurende de tweede helft van 2005 [7]. Deze 'uitverkoop' van de Congolese grondstoffensector wordt vaak gecombineerd met corruptie op hoog niveau, zowel in Kinshasa als in de gebieden met bodemrijkdommen zelf. In de Kivus worden bijvoorbeeld bedrijven die een exploitatievergunning hebben bekomen nog steeds verplicht om samen te werken met lokale „beschermheren” willen ze hun activiteiten niet in duigen zien vallen [8]. Ten slotte wees een VN-rapport uit augustus 2005 op de grote discrepanties tussen de aanwezige mijnbouwcapaciteit van Oeganda en Rwanda en hun officiële exportvolume van grondstoffen. Daarbij kan ook de link gelegd worden tussen deze discrepantie en de aanhoudende smokkel van en handel in wapens in de regio. Op dit moment zou in Zuid-Kivu bijvoorbeeld 90 % van het lokaal gewonnen goud, alsook grote hoeveelheden coltan, richting respectievelijk Burundi en Rwanda gesmokkeld worden.

Op weg naar een 'gemedieerde' Staat?

De context waarbinnen dit proces van staatsreconstructie vandaag plaatsvindt, verklaart waarom het transitieproces niet zal uitmonden in een democratisch bestuur maar in het beste geval zal leiden tot een gemedieerde Staat die onder meer gekenmerkt wordt door een verregaande autonomie van lokale machtscentra.

Het concept van de gemedieerde Staat is niet nieuw en heeft haar wortels in de studie naar processen van staatsvorming in Europa vanaf de zestiende eeuw. Het

werd gebruikt om de politieke strategieën van de Europese koningen te beschrijven die, door hun beperkte macht, verplicht werden rivaliserende machtscentra te accommoderen en te manipuleren om zo hun territoriale controle te verwerven [9]. Menkhaus meent dat via deze notie ook de politieke en bestuurlijke situatie in zwakke Staten als Somalië, Kenya, Sierra Leone en DRC kan worden omschreven. In deze Staten hebben centrale regeringen een beperkte autoriteit en macht, en zijn ze meer en meer genoodzaakt om een beroep te doen op rivaliserende of parallelle gezagscentra. Deze bemiddeling van staatsmacht is noodzakelijk om een aantal kerntaken, zoals economische herverdeling of het garanderen van de veiligheid, te vervullen en om de controle (althans in principe) over het territorium en de bevolking te behouden. Vice versa nemen deze lokale concurrenten een deel van de autoriteit van de Staat over. Dit doen ze zowel als relatief onafhankelijke vertegenwoordigers van de „Staat”, als als „private” individuen of als „sociale” organisaties die voorzien in „privé-” goederen [10].

Vooraf in „perifere” gebieden (grensgebieden en regio's ver van het politieke centrum) zijn staatsautoriteiten in toenemende mate afhankelijk van lokale elites en informele netwerken. Zolang het om strategisch onbelangrijke gebieden gaat, de prijs om de *rule of law* te vestigen hoger ligt dan de mogelijke opbrengst, of de noodzakelijke middelen ontbreken, zijn deze Staten niet echt geneigd om te onderhandelen met dergelijke autonome machtscentra. Dit verklaart waarom vandaag in perifere gebieden in Afrika vaak geen formeel bestuur meer aanwezig is en een algemene context van stateloosheid heerst. Uiteraard betekent dit niet dat deze regio's niet worden bestuurd. Vaak zijn lokale informele machtscentra en -netwerken aanwezig die daadwerkelijk territoriale en politieke controle uitoefenen. Deze centra opereren echter nagenoeg autonoom en zijn amper geïntegreerd in de nationale politieke of veiligheidsstructuur. Anders is het gesteld in regio's die wel van strategisch belang zijn. Voorbeelden van dergelijke regio's zijn grensgebieden die commercieel belangrijk zijn of grenzen aan Staten die een directe militaire dreiging kunnen vormen. Wanneer Staten hun autoriteit over dergelijke gebieden willen herstellen doch hiervoor niet over de nodige capaciteit of middelen beschikken, dan vormt het scenario van de gemedieerde staat een mogelijke uitweg. Staatsbestuur wordt in dergelijke omstandigheden bewerkstelligd door het uitbesteden van bepaalde functies aan lokale, niet-statelijke actoren. Lokale autoriteiten opereren met goedkeuring van het politieke centrum buiten de staatsstructuren om, en ondermijnen op deze manier het monopolie op het legitiem gebruik van geweld door de Staat [11].

Ook de Congolese overheid vertrouwt meer en meer op dergelijke bemiddelingsstrategieën om haar politieke controle te vergroten. Dit is zeker het geval in de economisch en strategisch belangrijke grensgebieden zoals de Kivus, Ituri en Katanga. De aanwezigheid van douaneposten gecombineerd met enorme reserves aan grondstoffen maken deze regio's tot essentiële onderdelen van de staatshuishouding. Een vorm van gemedieerde Staat lijkt de enige strategie te zijn die de Congolese overheid ter beschikking heeft, aangezien op dit moment zowel de

middelen als de macht ontbreken om de fysieke controle over deze regio's op te leggen. De gesprekspartners van de Congolese overheid in deze oefening zijn de verschillende 'machtscomplexen' die zich hebben ontwikkeld en geconsolideerd tijdens de oorlog, en waartoe zowel leden van milities als lokale politiek-economische leiders behoren, die zich vaak ook inlaten met een scala aan grensoverschrijdende activiteiten. Wanneer we bijvoorbeeld kijken naar grondstofontginning valt het op dat de overheid op dit moment rekening moet houden met verschillende aandeelhouders in de regionale commerciële ketting. Zowel de mijnbedrijven als de traditionele autoriteiten, legereenheden en lokale krijgsheren willen een deel van de koek in ruil voor het veilig stellen van de politieke en economische belangen. Op dezelfde wijze blijven andere machthebbers hun rol als veiligstellers van lokale belangen behouden, en moeten afgevaardigden van de Staat zich door en tussen deze 'machtscomplexen' manoeuvreren om zo politieke macht op te eisen.

Verschillende onderhandelingsstrategieën kunnen worden onderscheiden, afhankelijk van de relatieve macht van de lokale machtscentra tegenover de centrale overheid [12]. Een eerste strategie bestaat erin te *onderhandelen* over economische controle over strategische zones en sectoren. In de Kivu provincies bijvoorbeeld blijven machtige zakenlui de handel in primaire goederen en grondstoffen controleren, schijnbaar zonder te worden belaagd door de overheid die hun activiteiten zou kunnen belasten. Tijdens de oorlog werden de taksen voor grensoverschrijdende handel vaak onderhandeld tussen deze zakenlui en de rebellenbeweging die territoriale controle uitoefende. Vandaag is deze situatie veranderd. Kinshasa moet haar invloed proberen te bewerkstelligen via een zeer zwakke en verdeelde administratie. Het resultaat hiervan is dikwijls *ad hoc* akkoorden tussen de zakenlui en de ministeries in Kinshasa, waarin de toezegging tot het betalen van bepaalde taksen wordt gekoppeld aan bepaalde 'gunsten' (waaronder aanzienlijke kortingen op de belastingplicht). Op het plaatselijke niveau doen gelijkaardige onderhandelingen zich voor tussen diezelfde zakenlui, de plaatselijke vertegenwoordigers van de Staat en het Congolese leger. Hierdoor komt slechts een fractie van het belastinggeld in de schatkist terecht en gaat het overgrote deel naar privéhanden.

Ook lokale, autonome, militaire centra pogen dan weer van hun kant een aantal kernactiviteiten *af te scherm*en om zo te ontsnappen aan politieke controle door de Staat. Deze strategie wordt onder meer gebruikt door verschillende irreguliere milities, waaronder verschillende Mayi-Mayigroepen die opereren buiten het transitiekader (in de Kivus en Katanga blijft een groot aantal gewapende groepen actief, waarvan er sommige meer dan vijfhonderd strijders ter beschikking hebben). Door de exploitatie van lokale grondstoffen slagen deze groepen erin voldoende inkomsten te verwerven om hun overleven en hun territoriale controle te garanderen. De toekomst van dergelijke structuren is echter bijzonder onzeker. Hoewel het Congolese leger amper acties onderneemt om deze structuren te ontbinden, zijn deze groepen voornamelijk actief in zeer perifere gebieden die

nauwelijks enige strategische waarde hebben [13]. Andere lokale machtscentra gaan nog een stap verder en trachten de centrale overheid permanent buitenspel te houden in de politieke, militaire en economische controle over bepaalde regio's. Deze strategie kan leiden tot verschillende scenario's waaronder secessie of een onderhandelde autonomie. Het beste voorbeeld is allicht de huidige situatie in Noord-Kivu, waar een deel van de voormalige RCD-G (*Rassemblement Congolais pour la Démocratie-Goma*) de handen in elkaar heeft geslagen met de rebellen van Laurent Nkunda, die weigert in te gaan op de voorwaarden van de transitie. Aangezien hij uitdrukking geeft aan de angst om uitgesloten te worden (deze angst is zowel bij ex-RCD militairen als bij de lokale Banyarwanda-gemeenschap sterk aanwezig), is deze situatie bijzonder explosief. Volgens recente berichten kan Nkunda alvast op een belangrijke populaire basis rekenen. Ooggetuigen verklaarden dat Nkunda in het gebied onder zijn controle de bouw van lokale ziekenhuizen en scholen ondersteunt, en zelfs ambtenaren uitbetaalt. Of dit zal leiden tot een nieuwe vorm van niet-staatelijk bestuur, is uiterst twijfelachtig. De verkiezingsoverwinning van de Kabila-alliantie heeft gezorgd voor een algemene bereidheid om militair af te rekenen met Nkunda's rebellie. Desondanks werd na herhaalde mislukte militaire campagnes tegen Nkunda in januari 2008 overgegaan tot verregaande onderhandelingen in Goma.

Besluit

De huidige situatie in grote delen van Congo wordt gekenmerkt door een toename van structureel geweld. Alhoewel deze situatie niet vreemd is aan huidige transitieprocessen in Afrika, blijft het risico bestaan dat dit geweld-in-vredestijd ook na de verkiezingen zal voortduren: het gevaar bestaat erin dat de deelnemers aan dit transitieproces blijvend baat hebben bij het in stand houden van een klimaat van onderdrukking en geweld. Dergelijke omstandigheden laat de vorming van een democratisch en goed functionerend bestuur niet toe. Het zichtbare herstel van Congo's patrimonial bestuur legt een belangrijke hypotheek op dit staatsvormingsproces. Als gevolg hiervan wordt de Staat steeds meer gezien als een kader waarbinnen private belangen, politieke macht en economische controle kunnen worden onderhandeld.

Precies daarom biedt een analyse die vertrekt van het concept van de gemedieerde Staat een goed inzicht in de huidige politieke dynamieken in DRC. Via dit concept is het immers mogelijk inzicht te verwerven in de verschillende strategieën die vandaag door politieke actoren worden ontwikkeld om hun machtspositie af te dwingen of te consolideren. Een ervan is de onderhandeling tussen een centrale regering met beperkte macht en rivaliserende lokale gezagscentra, die tot doel heeft de controle van de Staat uit te breiden over gebieden waar deze centra een belangrijke invloed uitoefenen. Diezelfde centra zijn er echter tijdens de oorlog in geslaagd een deel van de autoriteit van de Staat over te nemen en hebben

tijdens het vredesproces deze positie kunnen consolideren door zich (gedeeltelijk) te integreren in de verschillende overgangsstructuren. Dit verklaart waarom ook na drie jaar transitie nog steeds een groot aantal autonome machtscentra op lokaal niveau een sleutelpositie innemen, hoewel deze vandaag officieel binnen de staatsstructuren zetelen. Deze gemedieerde Staat in Congo is geen geheel nieuw fenomeen: reeds eerder werd het land gekenmerkt door het bestaan van een oligopolie in plaats van een monopolie op het gebruik van geweld [14]. Dit was bijvoorbeeld in toenemende mate het geval tijdens de laatste jaren van het Mobutu-tijdperk. Politieke en militaire fragmentering, die het gevolg was van een economische ineenstorting van het land, verplichtte Mobutu te onderhandelen met lokale machtsstructuren om zijn positie te behouden; hij gaf deze centra hierdoor een belangrijke vorm van autonomie. Deze autonome liet toe de exploitatie van lokale rijkdommen te controleren of greep te krijgen op regionale handelsstromen. De strategieën die tijdens het huidige vredesproces gebruikt worden, zijn echter van een andere orde. Politiek in Congo wordt namelijk niet langer gevoerd via het subsidiariteitsprincipe. Er worden daarentegen steeds nieuwe posities ingenomen en voortdurend onderhandelingen gevoerd tussen verschillende autonome machtscentra, of 'machtscomplexen'. De centrale overheid tracht, via negotiëring met deze machtscomplexen, haar controle over een aantal van haar kerntaken (bijvoorbeeld veiligheid, economische herverdeling en politieke vertegenwoordiging) te vestigen, meestal zonder veel resultaat. Hierdoor zullen deze concurrenten voor de staatsmacht waarschijnlijk (allicht op korte termijn) het pleit winnen, aangezien ze ook blijven genieten van hun positie als *gatekeeper* van noodzakelijke overheidsgoederen, zoals openbare veiligheid en de toegang tot hulpbronnen van de Staat. Het gevolg is dat niet-staatsgebonden actoren, zoals privéondernemers, traditionele autoriteiten, en zelfs milities, steeds meer staatsfuncties over zullen nemen. Het is dan ook de vraag of een verkiezingsproces enige impact zal kunnen hebben op deze nieuwe traditie van besluitvorming. De huidige situatie in Congo doet alvast enkele vragen rijzen bij de huidige internationale vredesstrategieën, die er vooral op gericht zijn een proces van machtsdeling te koppelen aan een proces van staatsopbouw.

NOTEN

- [1] Ellis, S., How to Rebuild Africa, in: *Foreign Affairs*, Vol. 84, no. 5 (Sep./Oct. 2005), p. 135.
- [2] Bayart, J-F. „Introduction” in: Bayart, J-F., Ellis, S. en Hibou, B., *The Criminalization of the State in Africa*, James Currey and Indiana University Press, Oxford en Bloomington, 1999.
- [3] We beschouwen een „machtscomplex” hier als een contingente structurele alliantie die zich consolideert binnen de huidige conflictomgeving, rond netwerken en clusters van macht, winst en bescherming. Het bestaat uit allianties tussen lokale sterkhouders, buitenlandse en binnenlandse militairen, maar ook uit meer „traditio-

- nele" vormen van gezag: Vlassenroot, K. & T. Raeymaekers, *Conflict and Social Transformation in eastern DRC* (Academia Press, Gent, 2004).
- [4] Pottier, J. 2003. *Emergency in Ituri, DRC: Political Complexity, Land and other Challenges in Restoring Food Security*. Paper presented at the FAO International Workshop 'Food Security in Complex Emergencies: Building Policy Frameworks to Address Longer-Term Programming Challenges', Tivoli, 23-25 September.
- [5] Het gedrag van strijdende partijen in hedendaagse conflicten kan immers niet zomaar worden gereduceerd tot een zoektocht naar economische verrijking. Dergelijke visie ontkent onderliggende dynamieken en houdt het gevaar in dat rebellenbewegingen nog enkel worden gezien als criminele organisaties (Ballentine, K. & J. Sherman (eds.), *The Political Economy of Armed Conflict. Beyond Greed and Grievance* (Lynne Rienner Publishers, Boulder, 2003.).
- [6] Het „Mouvement Révolutionnaire Congolais" (MRC) werd opgericht in 2005 door een aantal voorheen vijandige facties in het conflict in Ituri. Bij een gelijkaardige actie tegen deze militie sloegen 25 000 mensen op de vlucht: Veit, A. „Massenflucht im Osten des Kongo" (Tageszeitung (TAZ), 24 november 2005).
- [7] *Ibidem*.
- [8] Een recente veiligheidsbriefing van de MONUC in Walikali, dat rijk is aan cassiteriet (tinerts), spreekt over verschillende „vooraanstaande" personen in Goma die de verversing van troepen in de regio van Goma trachten te verstoren, aangezien dit een negatieve impact zou kunnen hebben op de winsten die ze in hun huidige alliantie maken (MONUC security brief, 20 April 2006); zie ook Global Witness, *Undermining Peace. Tin: the Explosive Trade in Cassiterite in Eastern DRC*, juni 2005.
- [9] Voekel, S. „Upon the Suddaine View: State, Civil Society and Surveillance in Early Modern England" (*Early Modern Literary Studies*, 4 (2) (Special Issue 3) (september 1988): 1-27).
- [10] Voor een behandeling, zie Menkhaus, K. *Kenya-Somalia Border Conflict Analysis* (USAID, 31 augustus 2005). Andere voorbeelden van de gemedieerde Staten zijn Yemen en Afghanistan, waar de overheid moet werken via tribale leiders en 'strongmen' om haar toegang over een groot deel van het land te behouden.
- [11] Menkhaus, p. 57.
- [12] De voorliggende typologie is gebaseerd op Tilly, C. *Trust and Rule* (Cambridge, Cambridge University Press, 2005). Tilly behandelt in dit boek de relaties tussen de Staat en „trust networks". Daarnaast kan deze typologie echter ook gebruikt worden bij de analyse van de relaties binnen een gemedieerde Staat.
- [13] Paradoxaal genoeg vindt deze strategie weinig ingang in zwakke staten zoals de DR Congo; de reden hiervoor moet waarschijnlijk worden gezocht in de groeiende internationale bijstand inzake justitie en respect voor de mensenrechten, die al verschillende lokale krijgsheren onder druk heeft gezet.
- [14] Mehler, A. *Oligopolies of violence in Africa south of the Sahara* (Institut für Afrika-Kunde, Hamburg, 2004).

REFERENTIES

- BALLENTINE, K. & SHERMAN, J. (Eds.) 2003. *The Political Economy of Armed Conflict. Beyond Greed and Grievance*. — Boulder, Lynne Rienner Publishers.

- BALLENTINE, K. & NITZSCHKE 2005. Profiting from Peace: Managing the Resource Dimensions of Civil War. — Boulder, Lynne Rienner.
- BAYART, J.-F., ELLIS, S. & HIBOU, B. 1999. The Criminalization of the State in Africa. — Oxford & Bloomington, James Currey and Indiana University Press.
- CALLAGHY, T. M. 1984. The state-society struggle: Zaire in comparative perspective. — New York, Columbia University Press.
- DOORNBOS, M. 2002. State Collapse and Fresh Starts: Some Critical Reflections. — In: *Development and Change*, **33** (5): 797-815.
- ELLIS, S. 2005. How to Rebuild Africa. — In: *Foreign Affairs*, **84** (5) (Sep.- Oct.).
- HARTWELL, M. B. 2006. Violence in Peace. Understanding Increased Violence in Early Post-Conflict Transitions and Its Implications for Development. — *WIDER Research Paper*, **18** (February).
- International Crisis Group 2006. Congo's Elections. Making or Breaking the Peace. — Africa report no. 108 (27 April).
- KEEN, D. 2001. War and Peace: What's the Difference? — In: ADEBAJO, A. & SRIRAM, C. L. (Eds), *Managing Armed Conflicts in the 21st Century*, International Peace Academy. Oxon, Frank Cass.
- LE BILLON, P. 2001. The Political Ecology of War: Natural Resources and Armed Conflicts. — In: *Political Geography*, **20**: 561-584.
- LUKHAM, R. 2004. The international community and state reconstruction in war-torn societies. — In: *Conflict, Security and Development*, **4** (3) (December): 481-507.
- MEHLER, A. 2004. Oligopolies of violence in Africa south of the Sahara, 25 September. — Hamburg, Institut für Afrika-Kunde.
- MEHLER, A. & TULL, D. 2005. The hidden costs of power-sharing: reproducing insurgent violence in Africa. — In: *African Affairs*, **104** (416): 375-398.
- MENKHAUS, K. 2004. Vicious Circles and the Security Development Nexus in Somalia. — In: *Conflict, Security and Development*, **4** (2): 149-165.
- MENKHAUS, K. 2005. Kenya-Somalia Border Conflict Analysis. — USAID (31 augustus).
- POTTIER, J. 2003. Emergency in Ituri, DRC: Political Complexity, Land and other Challenges in Restoring Food Security. — Paper presented at the FAO International Workshop „Food Security in Complex Emergencies: Building Policy Frameworks to Address Longer-Term Programming Challenges” (Tivoli, 23-25 September 2003).
- RENO, W. 2002. The Politics of Insurgency in Collapsing States. — In: *Development and Change*, **33** (5): 837-858.
- RICHARDS, P. (Ed.) 2005. No Peace, No War. An Anthropology of Contemporary Armed Conflicts. — Oxford, James Currey.
- ROGIER, E. 2004. Rethinking Conflict Resolution in Africa. Lessons from the Democratic Republic of the Congo, Sierra Leone and Sudan. — Clingendael Institute.
- SCHATZBERG, M. G. 1988. The dialectics of oppression in Zaire. — Bloomington, Indiana University Press.
- SCHATZBERG, M. 1991. Mobutu or Chaos? The United States and Zaire, 1960-1990. — Lanham, New York, London, Philadelphia, University Press of America and Foreign Policy Research Institute.
- SPEARS, I. S. 2000. Understanding inclusive peace agreements in Africa: the problems of sharing power. — In: *Third World Quarterly*, **21** (1): 105-118.

- STEDMAN, S. J. 1997. Spoiler Problems in Peace Processes. — In: *International Security*, **22** (2).
- TILLY, C. 2005. *Trust and Rule*. — Cambridge, Cambridge University Press.
- VLASSENROOT, K. & RAEYMAEKERS, T. 2004. The politics of rebellion and intervention in Ituri: the emergence of a new political complex? — In: *African Affairs*, **103** (412).
- VLASSENROOT, K. & RAEYMAEKERS, T. 2004. *Conflict and Social Transformation in eastern DRC*. — Gent, Academia Press.
- VOEKEL, S. 1988. Upon the Suddaine View: State, Civil Society and Surveillance in Early Modern England. — In: *Early Modern Literary Studies*, **4** (2) (Special Issue 3):

Classe des Sciences naturelles et médicales

Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen

Biodiversity and Biogeography of the (Sub-)Antarctic Region based on Non-marine Diatoms*

by

Bart VAN DE VIJVER**

KEYWORDS. — Diatoms; Bacillariophyta; (Sub-)Antarctic Region; Biogeography; Ecology.

SUMMARY. — The sub-Antarctic region consists of several, relatively small islands and archipelagos, situated in the southern part of the Atlantic, Indian and Pacific Ocean. Islands have a typically oceanic climate. Water never is a limiting factor and co-determines the outlook and vegetation of these islands.

Several field campaigns were conducted on these islands of the southern Indian Ocean (Crozet, Kerguelen, Marion, Heard) resulting in a collection of about 1,000 moss samples. The non-marine diatom flora of all samples has been thoroughly investigated using the most modern light and electron microscopic techniques. A very diverse diatom flora of more than three hundred taxa has been observed, showing a large proportion of typical sub-Antarctic taxa. This result contrasts clearly with the old viewpoint that diatom species are almost all cosmopolitan.

Different comparison analyses conducted on the diatom composition of the sampled islands resulted in a general biogeographical view of the sub-Antarctic region. The results also show that there might be a latitudinal gradient in the diatom composition in both the number of taxa present and the turnover of typical taxa.

In addition, the relationship between the sub-Antarctic region and neighbouring islands and archipelagos (including South Georgia, Deception Island, Gough Island, Amsterdam Island) has been investigated to determine the possible distribution limits of certain sub-Antarctic key taxa. In order to illustrate this hypothesis, the genus *Stauroneis* was studied in more detail.

TREFWOORDEN. — Diatomeeën; Bacillariophyta; (Sub-)Antarctische regio; Biogeografie; Ecologie.

SAMENVATTING. — *Biodiversiteit en biogeografie van de sub-Antarctische regio gebaseerd op mosbewonende diatomeeën.* — De sub-Antarctische regio bestaat uit een aantal relatief kleine eilandjes en archipels gelegen in het zuiden van de Atlantische, Indische en

* Paper presented at the meeting of the Section of Natural and Medical Sciences held on 23 January 2007. Text received on 10 April 2007. Decision to publish taken on 27 November 2007.

** National Botanic Garden of Belgium, Department of Bryophyta & Thallophyta, Domein van Bouchout, B-1860 Meise (Belgium).

Stille Oceaan. De eilanden worden gekenmerkt door een typisch oceanisch klimaat. Water is nooit een limiterende factor en bepaalt dan ook mee het uitzicht en de vegetatie op de eilanden.

De voorbije tien jaar werden verschillende veldcampagnes uitgevoerd op de eilanden in de zuidelijke Indische Oceaan (Crozet, Kerguelen, Marion, Heard) wat resulteerde in een verzameling van ongeveer duizend mosmonsters. De diatomeeënflora van alle mosmonsters werd grondig onderzocht met behulp van moderne licht- en rasterelektronen microscopische technieken. Een diverse diatomeeënflora bestaande uit zo'n driehonderd soorten werd waargenomen. De analyse van de soorten geeft duidelijk aan dat de flora van deze regio voornamelijk bestaat uit typisch sub-Antarctische soorten, dit in schril contrast met de heersende inzichten met betrekking tot het idee dat het overgrote deel van de diatomeeënsoorten kosmopoliet zijn.

Op basis van verschillende similariteitsanalyses die werden uitgevoerd op de aangetroffen diatomeeënsamenstellingen in de monsters werd een globale biogeografische indeling van de sub-Antarctische regio opgebouwd. De resultaten geven aan dat er een latitudinale gradiënt bestaat in de samenstelling wat betreft aantal aangetroffen soorten en de turn-over van de verschillende soorten.

Terzelfdertijd werd de relatie tussen de sub-Antarctische eilanden van de Indische Oceaan met omringende eilanden en landmassa's (waaronder South Georgia, Deception Island, Gough Island, Amsterdam Island) vastgesteld. Ter illustratie werd het genus *Stauroneis* in detail uitgewerkt.

MOTS-CLES. — Diatomées; Bacillariophyta; Région (sub)antarctique; Biogéographie; Ecologie.

RESUME. — *Biodiversité et biogéographie de la région subantarctique basées sur les diatomées non marines.* — La région subantarctique ne comporte que quelques îles et archipels relativement petits, situés dans la partie sud des océans Indien, Atlantique et Pacifique. Les îles connaissent un climat typiquement océanique. L'eau ne présente pas de facteur contraignant et codétermine l'aspect et la végétation de ces îles.

Durant plusieurs campagnes d'échantillonnage sur les îles subantarctiques de l'océan Indien austral (Crozet, Kerguelen, Marion, Heard), quelque 1 000 échantillons ont été pris. La flore diatomique bryocole dans ces échantillons a été étudiée à fond en appliquant les techniques microscopiques (MO et MEB) les plus sophistiquées. Une flore très diverse, comptant plus de trois cents espèces, a pu être observée. Les résultats montrent également que la plupart de la flore est composée des espèces typiquement subantarctiques, bien en contraste avec l'idée que la majeure partie, sinon toutes les espèces sont cosmopolites.

En utilisant plusieurs analyses de similarité, une vision biogéographique globale de la région subantarctique a vu le jour. Les résultats montrent qu'il existe un gradient latitudinal dans la composition diatomique en ce qui concerne le nombre d'espèces présentes et leur renouvellement.

De plus, les relations entre les îles de l'océan Indien et des régions avoisinantes (y compris la Géorgie du Sud, l'île de la Déception, l'île Gough et l'île Amsterdam) ont été étudiées afin de montrer les limites de répartition de certaines espèces. En guise d'exemple, le genre *Stauroneis* a été étudié en détail.

Introduction

Diatoms (Bacillariophyta) are one of the most abundant algal groups in the terrestrial and freshwater ecosystems of the (sub-)Antarctic region (JONES 1996). These unicellular, microscopical algae have a typical siliceous outer cell wall that characterizes the different species. Diatoms are present in nearly all habitats and often form very species- and individual-rich populations (VAN DE VIJVER & BEYENS 1999).

PRESCOTT (1979) published an overview of all publications dealing with non-marine algae in the Antarctic region. At that time and based on a rigorous geographical boundary (*i.e.* the Polar Front), the sub-Antarctic region was left out of the overview. More than twenty years later, KELLOGG & KELLOGG (2001) revised and completed the diatom overview not only by adding all recently published contributions on non-marine diatoms in the Antarctic region, but also by adding all data on sub-Antarctic diatoms.

Anyone who investigates the 2001 list in more detail, quickly realizes that many species, often European or American ones that are omnipresent in the world, do appear almost everywhere in the (sub-)Antarctic region. They are what we call typically cosmopolitan. *Hantzschia amphioxys* (Ehr.) Grunow, *Stauroneis anceps* Ehrenberg and *Pinnularia microstauron* (Ehr.) Cleve are very typical examples. Only a few really (sub-)Antarctic species have been reported.

When, based on the older literature data, a biogeographical analysis is made of the entire Antarctic region, all islands seem to produce only a limited similarity to each other (tab. 1, after VAN DE VIJVER & BEYENS 1999). The taxonomy used in these different studies is not consistent and in some cases even completely wrong. Some studies only deal with a very limited amount of investigated samples whereas others are based on a large sample set. Consequently, the observed species lists do display large discrepancies. The main conclusion that can be drawn from this analysis is the fact that it is not possible to make clear and correct biogeographical conclusions based on only literature data. Sub-Antarctic islands, for instance, show a large similarity with the Antarctic Peninsula and even the Continent but a very low intra-similarity. It is clear that the exact reality is far from the observed and reported reality. A lot of species present in the Antarctic region do seem to be different from the already described (European) ones. A thorough revision of the (sub-)Antarctic non-marine diatom flora was highly needed. Therefore, a large and ambitious biogeographical study was started in 2000 based on the statement that 'literature data are not wrong, they are just not correct *enough*'. The main objectives of this study are not only to get a better view on the biogeographical relationships between the islands, but also to have a more correct understanding of the true biodiversity of the moss-inhabiting diatom flora of this region. A first part of this study (and the subject of this paper) deals with the diatom flora of the islands situated in the southern Indian Ocean.

Table 1

Results of the similarity analysis based on literature data prior to 1999*

	Kerguelen	Macquarie	Crozet	Campbell	South Georgia	South Shetlands	South Orkneys	Peninsula
Macquarie	0.23							
Crozet	0.26	0.19						
Campbell	0.15	0.15	0.11					
South Georgia	0.13	0.13	0.06	0.13				
S. Shetlands	0.15	0.15	0.09	0.18	0.15			
S. Orkneys	0.12	0.09	0.06	0.13	0.12	0.19		
Peninsula	0.12	0.11	0.07	0.13	0.14	0.25	0.16	
Continent	0.04	0.04	0.02	0.02	0.04	0.06	0.02	0.08

* The Sørensen Community Index is used as a similarity measure.

Study Area: The Antarctic Region with Focus on the Southern Indian Ocean

The Antarctic continent is surrounded by large oceans that are gradually warming up in northern direction. An important oceanographic boundary is the so-called Antarctic Convergence. In the southern Indian Ocean, this boundary is situated around 50° S. It is a small zone of less than 100 km wide where the cold Antarctic surface ocean water sinks under the warmer sub-Antarctic surface water. Crossing this boundary, a sudden rise in temperature from 1 to 4 °C in winter and from 3 to 6 °C in summer can be noted. The presence of the Antarctic Convergence has been known for a long time by oceanographers and marine biologists (DEACON 1933, HENTSCHEL 1933). On both sides of this Convergence, differences in marine plankton composition and fish populations have been observed. The area south of the Convergence is normally called 'Antarctica' whereas the area north of it, is usually named sub-Antarctica.

Terrestrial scientists normally use a somewhat different definition. HOLDGATE (1977) defined the sub-Antarctic zone as the area enclosed by the limit for continuous phanerogam vegetations in the south and by the limit for tree growth in the north. In the southern Indian Ocean, the terrestrial biome in the sub-Antarctic zone is limited to only a few islands and archipelagos (fig. 1). Large landmasses are absent. From north to south, the following islands and archipelagos can be found: Prince Edward Islands – Crozet Archipelago – Kerguelen Archipelago – Heard & McDonald Islands. It should however be noted that the latter two islands are located at a few hundred kilometres south of the Antarctic Convergence.



Fig. 1. — Map of the Antarctic region with the location of the different islands and archipelagos mentioned in the text.

The most important features of the sub-Antarctic region in the southern Indian Ocean are the following:

- The climate is typically 'wet and windy'. Precipitation levels, usually in the form of rain, mist, hail and snow, are very high. Some places have more than 3,000 mm each year. Snow can be expected nearly every month but accumulates seldom and rarely forms a long-term snow cover. Winters are neither extremely long nor cold. The presence of a large oceanic mass around the islands is the main reason for this rather stable, wet climate. Temperature rarely drops below zero but on the other hand rarely exceeds 10 °C in the warmest months (January). Permanent ice sheets are only present at high altitudes on Kerguelen and Heard Island. On the Crozet Archipelago, ice is no

longer present. Wind, mostly from a western direction, is an important factor on the islands. In 1994 on Crozet, more than a hundred and forty-four days with wind speeds exceeding 100 km/h have been noted.

- The large amounts of precipitation and the rather constant temperatures largely influence the vegetation and soil development. Soils are usually poorly developed. In valleys large peat lands can be found whereas on the higher plateaus soils, usually fellfields, *i.e.* stony plains without vegetation, prevail. Permafrost is hardly present and can only be found at higher altitudes on the more southern islands. The vegetations are adapted to these conditions. The number of indigenous vascular plants (including lycopods and ferns) is rather low, varying from ten to forty on each island. Contrary to the Arctic region, where a large number of flowers can be seen in summer, the islands in the sub-Antarctic region present a greyish-brownish outlook. Grasses and ferns dominate the higher altitudes. In valleys, the vegetation is dominated by *Acaena magellanica* (Lam.) Vahl or *Blechnum penna-marina* (Poir.) Kuhn. The most dominating plant group, however, are mosses, liverworts and lichens. It is quite possible to find more than a hundred species even on the smaller islands. Typical species include *Breutelia integrifolia* (Taylor) Jaeger, *Jamesoniella colorata* (Lehm) Spruce, *Sanionia uncinata* (Hedwig) Loeske and *Racomitrium lanuginosum* (Hedwig) Brid. Besides the indigenous flora, more than sixty mainly European alien plants can be found that have been introduced since the onset of human occupation on these islands.
- The indigenous vertebrate fauna on the islands only consists of marine birds and mammals. Large penguin and seal colonies can be found along the coastline. These colonies, which often count more than a hundred thousand individuals, have a large influence on the surrounding soils and vegetations. Terrestrial vertebrates are absent. On the contrary, the terrestrial invertebrate fauna is well developed with numerous endemic species. On certain islands, mammals have been introduced causing large environmental deterioration.

Material and Methods

Doing research in the sub-Antarctic region is not always easy due to three factors. The islands are most of the time difficult to access. Due to long ship trips, it can be time-consuming and the financial demands needed to obtain a large number of samples are very high. Heard Island, for instance, is visited only each four to five years by a scientific expedition. Fieldwork on these islands is also not always easy with often primitive and limited lab facilities.

Biogeographical research requires a strict standardization in order to avoid large differences due to inappropriate data. It is important to keep as much as possible all environmental parameters similar or within similar limits. When under these conditions differences were found, then they can be assigned as being

biogeographically related. Therefore it is not always clear whether literature data can be used for biogeographical purposes. They sometimes do not give a representative idea of the habitats present on a sampling location.

To overcome these restrictions, the decision has been taken to use only samples taken from mosses. Mosses are omnipresent in the Antarctic region and form a suitable habitat for a large number of diatoms (VAN DE VIJVER & BEYENS 1999; VAN DE VIJVER *et al.* 2001, 2004b). They are also easy to collect and it is possible to standardize the sampling protocol. That way, even non-specialists can collect a considerably large sample set.

Following standard preparation and microscopy techniques (VANDER WERFF 1955), large data sets are obtained.

Small parts of the samples were cleaned by adding 37 % H₂O₂ and heating to 80 °C for about one hour, whereafter the reaction was completed by addition of KMnO₄. Following digestion and centrifugation, the resulting clean material was diluted with distilled water to avoid excessive concentrations of diatom valves that may hinder reliable observations. Cleaned diatom valves were mounted in Naphrax®.

For the southern Indian Ocean, a total of nine hundred and fifty samples have been analysed. All data have been stored in one central database containing more than four hundred species. Samples have been classified according to the habitat they were sampled from (including lakes, fellfield, mires, peats, rivers, ...). For each sample, more than forty different physico-chemical parameters were determined such as pH, specific conductance, salinity, biotic influence or distance to the sea. Creating such a standardized database enables swift and correct statistical and biogeographical analyses and will facilitate in the near future the input of data from other locations.

Biodiversity and Species Richness

The entire survey yielded a total of almost four hundred different taxa (including species, varieties and formas) with an overall mean of two hundred species per island. This number is rather low compared to New Caledonia for instance where six hundred and forty-three species have been found (MOSER *et al.* 1998). Dominating genera include *Diadesmis*, *Psammothidium*, *Planothidium* and *Pinnularia*. To a lesser degree, also species from the genera *Fragilaria* and *Eunotia* play a subdominant role in some samples. A large portion of the observed species (± 25 %) have never been found elsewhere and have been described as new to science (VAN DE VIJVER 2002; VAN DE VIJVER *et al.* 2002a, b; LE COHU & VAN DE VIJVER 2002; VAN DE VIJVER & BEYENS 2002; VAN DE VIJVER & LE COHU 2003; VAN DE VIJVER *et al.* 2004a). This large number is not surprising and is probably caused by the extreme isolation of these islands, the lack of appropriate morphological and taxonomical publications prior to this study and,

of course, the narrower, but more correct, species concept that is applied in our studies. Moreover, the investigated islands are typical oceanic islands, suddenly emerged by volcanic activity. They have never been connected to a continental mainland. A typical feature of oceanic islands is the presence of an imbalanced flora and fauna. Some genera or species groups are over-represented whereas others are completely lacking. The diatom flora of the sub-Antarctic islands is a typical example of this phenomenon. One of the best examples forms the genus *Diademsis*, worldwide rather limited in species number, but with more than ten species on *Ile de la Possession*. On the other hand, the (normally large) genus *Navicula* is represented by only five species.

Another typical feature of the polar ecosystems is the decrease in species richness when moving southwards. In the Arctic and Antarctic regions, the diversity decreases significantly (JONES 1996, VAN DE VIJVER & BEYENS 1999). On the sub-Antarctic islands, the number of observed species is situated between two hundred and two hundred and fifty. The Prince Edward Islands and the Crozet Archipelago have the highest species richness with a species number close to two hundred and fifty whereas on the more southerly situated Heard Island, the number is restricted to one hundred and ninety. At the moment, only one hundred and thirty-three are known from Macquarie Island, located in the southern Pacific Ocean (McBRIDE *et al.* 1999) but it should be noted that only a limited amount of material has been investigated and that most observations are still based on the older taxonomical concepts.

On South Georgia, an island that is positioned far more to the south in the Atlantic Ocean, only one hundred and fifty species can be found. The number then rapidly decreases with about one hundred species on the Antarctic Peninsula and less than fifty on the Antarctic Continent (Van de Vijver, unpublished results). The decrease in species richness is probably caused on the one hand by the decrease in the number of available habitats and on the other hand by changing climatic conditions. Due to the extreme oceanic climate on the sub-Antarctic islands, long periods of frost, especially in the lowlands, are rather rare. Most lakes and rivers are thus never closed by ice cover. HANSSON & HAKANSSON (1992) stated that the length of the growing season is a determining factor in establishing high species numbers. Moreover, the annual amount of precipitation is very high on the islands whereas the Peninsula and the Continent are dry. Diatoms are highly favoured by a sufficient amount of moisture. The climatic conditions also increase the importance of a well-developed moss carpet, which is a very important biotope for diatoms. Finally, the presence of marine animals creates an extra diversifying factor by adding locally a high input of nutrients and salts.

Together with this loss of diversity when moving southwards, the proportion of typical Antarctic species increases. Almost half of the encountered species on the sub-Antarctic islands can be considered to have a restricted Antarctic biogeography. The other 50 % only contains so-called cosmopolitan species. On Marion and Prince Edward Islands, the cosmopolitans outnumber the Antarctic

species (50.5 % vs 49.5 %) whereas on Heard Island, the Antarctic species clearly increase their importance with a total relative abundance of more than 53 %.

Absence of Planktonic Species

Despite that high species richness on the sub-Antarctic islands, it is rather strange that almost no planktonic species can be found in the species lists. At the moment, no clear explanation can be given for this phenomenon. LE COHU & MAILLARD (1986), JONES (1996) and VAN DE VUIVER & BEYENS (1999) could not give an answer to this problem. Possible suggestions include amongst others the occurrence of high wind velocities that could prevent the formation of diatom plankton. But even areas that are not subject to these high wind speeds do not show any diatom plankton. A second suggestion might be related to the dimensions of lakes and pools. But since a whole range of pools and lakes is present on the islands, this also does not seem to be the explanation either. It is possible that the nutrient condition availability of the lakes plays a major role. Diatom plankton often develops under eutrophic conditions. Most lakes and pools in sub-Antarctica are very oligotrophic. On two sampling sites of *Ile de la Possession*, a tycho-planktonic species, *Cyclotella meneghiniana* Kützing, was found. In both cases, the samples were taken from small pools, highly influenced by marine animals (macaroni penguins and elephant seals). On Kerguelen, similar pools have been investigated and *C. meneghiniana* was also found. Since it is only one species, which is moreover not considered to be truly planktonic, the mystery remains unsolved.

Theoretical Species Richness

In order to justify the comparisons between the species composition of the various islands, one should verify whether the observed species richness provides a reliable estimate of the (theoretically possible) maximum species richness. It is possible, by means of so-called species accumulation curves, to estimate, based on the observed richness in the investigated samples, the total number of species that can be expected on the location.

Table 2 shows the number of species found on the islands in the southern Indian Ocean and how many species can theoretically be expected on these islands. Two estimators have been used (ICE: CHAO *et al.* 2000 and CHAO2: CHAO 1984). The results clearly show that almost 90 % of the expected species richness has been found and strongly contrast with islands such as Amsterdam Island and South Georgia where only 70-75 % of the species has been found. It is however clear that the lower number of investigated samples on these two islands plays a major role in these estimations. It can be expected that the total

Table 2

Results of the estimation analysis using two different estimators (ICE & CHAO2)

	number of samples	number of species	ICE	CHAO2	% of maximum richness (ICE)	% of maximum richness (CHAO2)
Amsterdam	58	74	103	97	71.8	76.3
Prince Edward islands group	219	214	243	240	88.1	89.2
Crozet	207	226	247	253	91.5	89.3
Kerguelen	101	170	187	187	90.9	90.9
Heard	139	193	212	216	91.0	89.4
South Georgia	36	107	156	151	68.6	70.9

* The first part shows the number of investigated samples and the true number of observed diatoms. The second and third parts show the theoretical species richness that can be expected.

number of species on these two islands will increase when more samples are investigated.

The results confirm that it will be possible, based on the present data, to perform a statistically sound analysis of the biogeography of the southern Indian Ocean's islands.

Biogeography of the Sub-Antarctic Islands

Based on the new results obtained during the morphological and taxonomical study from the different locations, two biogeographical analyses have been carried out.

A first analysis focuses on the biogeographical relationships between the different islands in the southern Indian Ocean. South Georgia, situated in the Atlantic Ocean, and Amsterdam Island are added to the analysis to verify the robustness of the analysis. This similarity analysis is based on a constrained Weighted Pair Group Method of Averaging (WPGMA) using the Sørensen Community Index (1948) as a measure of similarity (fig. 2). This is a binary (presence/absence) coefficient based on a table of frequency of the presence or absence of a single variable using the following formula: $2a / (2a + b + c)$, where b and c represent the number of species exclusively observed at each location and a is the number of common species between two locations. Although percentage

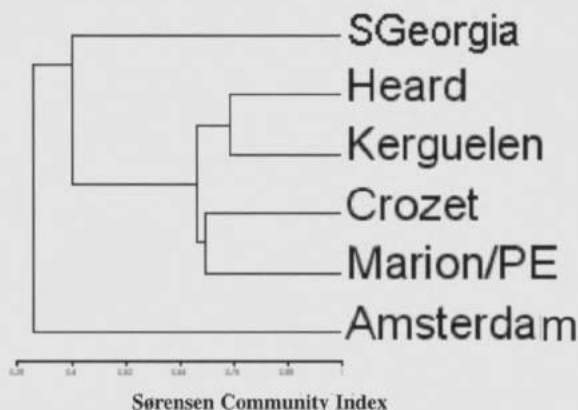


Fig. 2. — Cluster diagram showing the relationship between the islands in the southern Indian Ocean, based on presence/absence data. The Sørensen Community Index was used as a similarity measure.

similarity is not always the best measure to compare different locations, the analysis was chosen to facilitate subsequent comparisons with other taxonomic groups. PUGH (2004) recently applied the same techniques to the araneomorph faunas of the sub-Antarctic and Antarctic regions.

The results clearly show that the diatom flora on the four islands in the Indian Ocean is closely related. They have fewer affinities with South Georgia and almost no similarity with Amsterdam Island. This result is not unexpected. Due to its position, South Georgia is clearly situated in a different biogeographical zone. The vicinity of both the Antarctic Peninsula and the southern coastline of South America most probably influences the species composition. The species richness is lower and the composition is different from the southern Indian Ocean. Amsterdam Island, on the other hand, is located in the Indian Ocean but well north of the sub-Antarctic zone and has a very isolated position. Therefore, a lower similarity with the sub-Antarctic islands is not so unlikely. There are of course some species that are shared by all islands which explains why still 35 % of similarity can be found. But in this case the similarity is based on cosmopolitan species such as *Luticola mutica* (Kützing) Mann or *Pinnularia borealis* Ehrenberg.

Heard Island, normally positioned south of the Antarctic Convergence, seems to produce a comparable similarity to the other three islands in this region. This might be surprising since the Antarctic Convergence is believed to impose a great influence on the fauna and flora on both sides of the Convergence. One can expect the species composition to change when crossing this Convergence from Kerguelen to Heard. STONEHOUSE (1982) reckons Heard Island to the so-called 'peri-Antarctic islands' whereas the other three belong, according to him, to the

'cold-sub-Antarctic islands'. It is most likely that the limited distance (500 km) between Heard and Kerguelen enabled many species to disperse from one island to another. Similar to Heard Island, the species composition of Kerguelen is already dominated by Antarctic species. Based on these results, it is possible to conclude that the Antarctic Convergence has less influence on the Antarctic species whereas the importance of the cosmopolitan species decreases.

The second analysis focuses on *Ile de la Possession* (Crozet Islands). Figure 3 shows a clear view of the relationship between this island and the other studied areas within the (sub-) Antarctic region. The island is positioned centrally in the diagram. The circles represent similarity percentages. All neighbouring islands and several other (sub-)Antarctic localities are placed according to their similarity percentage to *Ile de la Possession*. Based on the first biogeographical analysis, the islands in the southern Indian Ocean are situated within the 60-80 % zone. South Georgia (40 %) is positioned in the next circle, followed by Macquarie

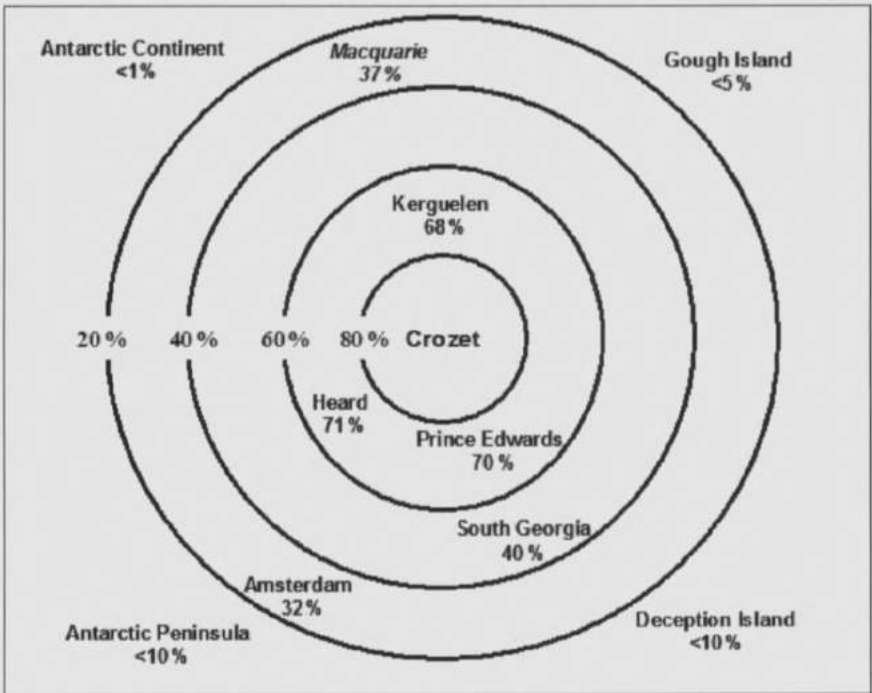


Fig. 3. — Similarity diagram showing the relationship between the Crozet Archipelago and other studied Antarctic locations. The Sørensen Community Index was used as a similarity measure. The concentric circles represent different degrees of similarity.

Island (37 %) and Amsterdam Island (32 %). As already stated, the rather low similarity between Macquarie and Crozet may be somewhat surprising since both islands are situated in the same zone (STONEHOUSE 1982). It is possible that the distance between the locations explains some of this dissimilarity but the fact that the diatom flora of Macquarie Island has not been properly revised yet, can be considered of more importance. It is very likely that after a thorough taxonomical revision the similarity will increase.

The resemblance with other Antarctic locations is almost negligible. Based on its diatom composition, the Antarctic Continent forms clearly an entity on its own (SABBE *et al.* 2003, GIBSON *et al.* 2006). Only a few species are shared with other regions in the world. The number of species that Crozet shares with Gough Island (southern Atlantic Ocean, cold temperate zone), Deception Island (South Shetland Islands) or the Antarctic Peninsula is also quite low. It seems that shared species usually can be assigned to be cosmopolitan on a global scale. The latter fact explains why there is always a (sometimes very limited) degree of similarity. The closer a locality is positioned to the centre of figure 3, the higher the proportion of typical Antarctic species becomes in the shared species pool.

Biogeography of the Genus *Stauroneis* in the Antarctic Region

To illustrate the effect of a revised taxonomy of the Antarctic diatoms, the biogeography of the genus *Stauroneis* has been studied in detail (VAN DE VIJVER *et al.* 2004a, 2005).

Table 3 was assembled based on non-revised literature data. A careful analysis of the geographic distribution of the present species revealed only cosmopolitan species such as *S. anceps*, *S. agrestis* and *S. phoenicenteron* to be present in the (sub-) Antarctic region. Comparing Antarctic samples with Arctic material indicated no difference, although both poles are several 10,000 km distant from each other.

After a thorough taxonomical and morphological revision of the different species present in the (sub-)Antarctic material, it is clear that this vision is not correct. The new data clearly reveal the presence of a typical (sub-)Antarctic *Stauroneis* flora with, at the moment, almost twenty-five species (tab. 4). Only seven species are also found outside the Antarctic region leaving eighteen species that can be denoted as Antarctic endemics. When comparing both tables, it is clear that the original list of species is almost completely modified. *Stauroneis gracilis*, *S. heinii*, *S. subgracilis*, *S. acuta* and *S. kriegeri* are considered to be cosmopolitan species and are also present in the (sub-)Antarctic region. It is rather striking that the two most reported species, *S. anceps* s.s. and *S. phoenicenteron* s.s., are no longer present in the region.

Table 3

List of all encountered *Stauroneis* species in the Antarctic region after various authors before the taxonomical revision of 2004 (distributions based on KELLOGG & KELLOGG 2001)

	Ile Amsterdam	Crozet	Kerguelen	Macquarie Island	South Georgia	Antarctic Peninsula*	Antarctic Continent
<i>acuta</i> W. Smith		X	X	X	X		
<i>agrestis</i> Pedersen						X	
<i>alpina</i> Hustedt		X	X			X	X
<i>anceps</i> Ehrenberg		X	X	X	X	X	X
<i>fluminea</i> Patrick & Freese		X	X				
<i>gracillis</i> Ehrenberg			X		X	X	
<i>javanica</i> (Grunow) Cleve			X				
<i>kriegeri</i> Patrick	X	X	X	X			
<i>muriella</i> Lund		X				X	
<i>neohyalina</i> Lange-Bertalot				X		X	
<i>obtusa</i> Lagerstedt		X	X			X	
<i>phoenicenteron</i> (Nitzsch) Ehrenberg		X	X		X	X	
<i>producta</i> Grunow	X		X			X	
<i>siberica</i> Lange-Bertalot & Krammer			X		X		
<i>smithii</i> var. <i>incisa</i> Pantocsek			X				
<i>smithii</i> var. <i>sagitta</i> (Cleve) Hustedt			X				

* Including South Shetlands, South Orkneys and neighbouring islands.

The high number of endemic species is not surprising. SABBE *et al.* (2003) and VAN DE VIJVER *et al.* (2002a) have already reported this. Numerous species described from *Ile de la Possession* (Crozet) have also been found on the other islands in the southern Indian Ocean but are absent elsewhere in the world. The principal reason why in the (older) Antarctic literature, there is an absence of endemics, is the misapplication of European and American diatom identification guides. KOCIOLEK & SPAULDING (2000) formulated this problem using the following phrase: "The idea of a vascular plant ecologist using 'the vascular plants of Central Europe' to identify the higher plants of South America may seem folly but this is exactly what is happening in diatom ecology...". The misapplication of these identification guides has enhanced the phenomenon of 'force-fitting' (TYLER 1996). An example: KELLOGG & KELLOGG (2001) have listed for instance all records of *Stauroneis anceps* on more than two full pages. Almost every author who has been working on Antarctic material has found *S. anceps* in his samples. The species has been described originally from French Guyana (REICHARDT 1995). Hustedt added several forms and varieties to the original

Table 4

Revised list of all encountered *Stauroneis* species in the Antarctic region.
Species are grouped according to their occurrence in the Antarctic region

	Ile Amsterdam	Prince Edward Islands	Iles Crozet	Iles Kerguelen	Heard Island	Macquarie Island	South Georgia	Antarctic Peninsula	Deception Island	Antarctic Continent
<i>kriegeri</i> Patrick	X	X	X	X	X	X	X			
<i>gracilis</i> Ehrenberg		X	X	X	X	X	X			
<i>subgracilis</i> Lange-Bertalot & Krammer			X	X	X	X	X			
<i>acuta</i> W. Smith						X	X			
<i>Heinii</i> Lange-Bertalot & Krammer			X				X			
<i>acidoclinata</i> Lange-Bertalot & Werum								X		
<i>latistauros</i> Van de Vijver & Lange-Bertalot							X	X	X	X
<i>pseudoschimanskii</i> Van de Vijver & Lange-Bertalot							X			
<i>respectabilis</i> Lange-Bertalot <i>et al.</i>							X			
<i>Tonsberg'</i>							X			
<i>husvikensis</i> Van de Vijver & Lange-Bertalot							X		X	
<i>lardonii</i> Van de Vijver		X	X	X	X					
<i>pseudomuriella</i> Van de Vijver & Lange-Bertalot		X	X	X	X					
<i>pseudomethii</i> Van de Vijver & Lange-Bertalot		X	X	X	X					
<i>sofia</i> Van de Vijver & Lange-Bertalot		X	X	X						
<i>fluminopsis</i> Van de Vijver & Lange-Bertalot		X	X	X						
<i>catharinella</i> Van de Vijver & Lange-Bertalot		X	X	X						
<i>lecohui</i> Van de Vijver & Lange-Bertalot		X	X	X						
<i>subaustralis</i> Van de Vijver & Lange-Bertalot		X	X							
<i>supergracilis</i> Van de Vijver & Lange-Bertalot			X							
<i>microproducta</i> Van de Vijver & Lange-Bertalot			X		X					
<i>catharinae</i> Van de Vijver & Lange-Bertalot				X	X					
<i>bryocola</i> Van de Vijver & Lange-Bertalot					X					
<i>gremmenii</i> Van de Vijver & Lange-Bertalot					X					
<i>betrandii</i> Van de Vijver & Lange-Bertalot	X									

species making *S. anceps* one of the most variable species in the world. KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1986) took over all these varieties in their 'Susswasserflora' increasing the spreading of the (incorrect) information. New data, however, show that *S. anceps* is at the moment not present in the entire Antarctic region and has probably never been present.

Apart from the high degree of endemism, the genus *Stauroneis* also fits well into the other features of the Antarctic diatom flora. The species richness decreases significantly when moving southwards. On the sub-Antarctic islands, a mean of ten species can be found whereas on the Antarctic Peninsula, this number is reduced to three. On the Antarctic Continent, only one species is able to survive (i.e. *S. latistauros*, formerly reported as *S. anceps* s.l.).

This example of the genus *Stauroneis* underlines the importance of a corrected and refined taxonomy and the influence this might have on the ongoing discussions whether protists are always cosmopolitan or having a restricted distribution. According to FINLAY & CLARKE (1999), protists are just everywhere since they are easily dispersed due to their small dimensions. The result of this dispersion is that everywhere in the world, the same microorganisms can be found. It is clear that the biogeographical study of the genus *Stauroneis* contradicts this statement. Moreover, ongoing molecular research indicates that cryptic diversity is omnipresent in the protists (as in other groups or organisms, weakening the idea of cosmopolitanism of (many) protists).

Conclusion and Perspectives

This biogeographical study is clearly not finished and it will take several more years to get a complete view of the distribution of moss-inhabiting diatoms from the entire (sub-)Antarctic region. Preliminary results on King George Island, Deception Island and Livingston Island (southern Atlantic Ocean) show that these islands present, after a thorough taxonomical analysis, a clearly different diatom flora as compared to the southern Indian Ocean islands (FERMANI *et al.* 2007). In the near future, the diatom floras of the southern Atlantic Ocean islands (South Georgia, South Sandwich Islands, South Shetland Islands, South Orkneys) will be further explored.

ACKNOWLEDGEMENTS

It is clear that this story cannot be the result of the work of one person alone. The author wishes to thank the following people for stimulating discussions and their help in collecting samples and identifying diatoms: Prof. Dr. Horst Lange-Bertalot, Dr. Luc Denys, Prof. Dr. Koen Sabbe, Prof. Dr. Wim Vyverman, Dr. Yves Frenot, Ir. Marc Lebouvier, Prof. Dr. Louis Beyens, Drs. Pieter Ledeganck, Prof. Dr. René Le Cohu, Dr. Niek Gremmen and Dr. Patrick McBride. Lic. Inge Van Dyck has prepared the figures.

REFERENCES

- CHAO, A. 1984. Non-parametric estimation of the number of classes in a population. — *Scandinavian Journal of Statistics*, **11**: 265-270.

- CHAO, A., HWANG, W. H., CHEN, Y. C. & KUO, C. Y. 2000. Estimating the number of shared species in two communities. — *Statistica Sinica*, **10**: 227-246.
- DEACON, G. E. R. 1933. A general account of the hydrology of the South Atlantic Ocean. — *Discovery Report*, **7**: 171-238.
- FERMANI, P., MATALONI, G. & VAN DE VIJVER, B. 2007. Soil microalgal communities on an Antarctic active volcano (Deception Island, South Shetlands). — *Polar Biology*.
- FINLAY, B. J. & CLARKE, K. J. 1999. Ubiquitous dispersal of microbial species. — *Nature*, **400**: 828.
- GIBSON, J. A. E., ROBERTS, D. & VAN DE VIJVER, B. 2006. Salinity control of the distribution of diatoms in lakes of the Bunger Hills, East Antarctica. — *Polar Biology*, **29**(8): 694-704.
- HANSSON, L.-A. & HAKANSSON, H. 1992. Diatom community response along a productivity gradient of shallow Antarctic lakes. — *Polar Biology*, **12**: 463-468.
- HENTSCHEL, E. 1933. Allgemeine Biologie der südatlantischen Ozeans. Part 1: Das Pelagial der obersten Wasserschicht. — *Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen Atlantischen Expedition 'Meteor'*, **11**, 168 pp.
- HOLDGATE, M. W. 1977. Terrestrial ecosystems in the Antarctic. — In: FUCHS, V. & LAWS, R. M. (Eds.), Scientific Research in Antarctica. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, **B279**: 5-25.
- JONES, V. J. 1996. The diversity, distribution and ecology of diatoms from Antarctic inland waters. — *Biodiversity and Conservation*, **5**: 1433-1449.
- KELLOGG, T. B. & KELLOGG, D. 2001. Non-marine and littoral diatoms from Antarctic and Subantarctic Regions. Distribution and updated taxonomy. — *Diatom monographs*, **1**, 795 pp.
- KOCIOLEK, P. & SPAULDING, S. 2000. Freshwater diatom biogeography. — *Nova Hedwigia*, **71**: 223-241.
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. 1986. Bacillariophyceae. Teil 1: Naviculaceae. — In: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H. & Mollenhauser, D. (Eds.), Süßwasserflora von Mitteleuropa, 2/1. Stuttgart, Jena, Gustav Fisher Verlag, 876 pp.
- LE COHU, R. & MAILLARD, R. 1986. Diatomées d'eau douce des Iles Kerguelen (à l'exclusion des Monoraphidées). — *Annales de Limnologie*, **22**: 99-118.
- LE COHU, R. & VAN DE VIJVER, B. 2002. Quelques nouvelles espèces du genre *Diadopsis* de la Région Subantarctique. — *Annales de Limnologie*, **38**(2): 119-132.
- MANN, D. M. 1999. The species concept in diatoms. — *Phycologia*, **38**: 437-495.
- MCBRIDE, T. P., SELKIRK, P. M. & ADAMSON, D. A. 1999. Present and past diatom communities on Subantarctic Macquarie island. — In: MAYAMA, S., IDEI, M. & KOIZUMI, I. (Eds.), Proceedings 14th International Diatom Symposium (Tokyo, Japan, 2-8 Sept. 1996), pp. 353-365.
- MOSER, G., LANGE-BERTALOT, H. & METZELTIN, D. 1998. Insel der Endemiten. Geobotanisches Phänomen Neukaledonien. — *Bibliotheca Diatomologica*, **38**, 464 pp.
- PRESCOTT, G. W. 1979. A contribution to a bibliography of Antarctic and Subantarctic algae. — *Bibliotheca phycologica*, **45**, 312 pp.
- PUGH, P. J. A. 2004. Biogeography of spiders (Araneae, Arachnida) on the islands of the Southern Ocean. — *Journal of Natural History*, **38**, 1461-1487.
- REICHARDT, E. 1995. Die Diatomeen (Bacillariophyceae) in Ehrenbergs Material von Cayenne, Guyana Gallica (1843). — *Iconographia Diatomologica*, **1**, 107 pp.

- SABBE, K., VERLEYEN, E., HODGSON, D. A., VANHOUTTE, K. & VYVERMAN, W. 2003. Benthic diatom flora of freshwater and saline lakes in the Larsemann Hills and Rauer Islands, East Antarctica. — *Antarctic Science*, **15**: 227-248.
- SORENSEN, T. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content. — *Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Biologiske Skrifter*, **54**: 1-34.
- STONEHOUSE, B. 1982. La zonation écologique sous les hautes latitudes australes. — *C.N.F.R.A.*, **51**: 531-537.
- TYLER, P. A. 1996. Endemism in freshwater algae with special reference to the Australian region. — *Hydrobiologia*, **336**: 127-135.
- VAN DER WERFF, A. 1955. A new method of cleaning and concentrating diatoms and other organisms. — *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, **12**: 276-277.
- VAN DE VIJVER, B. 2002. *Frustulia cirisii*, a new aerophilous diatom from Ile de la Possession (Crozet Archipelago, Subantarctis). — *Diatom Research*, **17**(2): 415-421.
- VAN DE VIJVER, B. & BEYENS, L. 1999. Biogeography and ecology of freshwater diatoms in Subantarctis: A review. — *Journal of Biogeography*, **26**: 993-1000.
- VAN DE VIJVER, B. & BEYENS, L. 2002. *Staurosira jolinae* sp. nov. and *Staurosira circula* sp. nov., two new fragilarioid diatoms (Bacillariophyceae) from Subantarctis. — *Nova Hedwigia*, **75**(3-4): 319-331.
- VAN DE VIJVER, B., LEDEGANCK, P. & BEYENS, L. 2001. Habitat preferences in freshwater diatom communities from subantarctic Iles Kerguelen. — *Antarctic Science*, **13**(1): 28-36.
- VAN DE VIJVER, B., FRENOT, Y. & BEYENS, L. 2002a. Freshwater diatoms from Ile de la Possession (Crozet Archipelago, Subantarctis). — *Bibliotheca diatomologica*, **46**, 412 pp.
- VAN DE VIJVER, B., LEDEGANCK, P. & BEYENS, L. 2002b. Three new *Diademesmis*-taxa from soils on Ile de la Possession (Crozet Archipelago, Subantarctis). — *Cryptogamie, Algologie*, **23**(4): 333-341.
- VAN DE VIJVER, B. & LE COHU, R. 2003. Two new taxa belonging to the diatom genus *Geissleria* Lange-Bertalot & Metzeltin from the Kerguelen and Crozet archipelagos (TAAF, Subantarctis). — *Nova Hedwigia*, **77**: 341-349.
- VAN DE VIJVER, B., BEYENS, L. & LANGE-BERTALOT, H. 2004a. The genus *Stauroneis* in Arctic and Antarctic locations. — *Bibliotheca Diatomologica*, **51**, 311 pp.
- VAN DE VIJVER, B., BEYENS, L., VINCKE, S. & GREMMEN, N. 2004b. Moss-inhabiting diatom communities from Heard Island, sub-Antarctic. — *Polar Biology*, **27**: 532-543.
- VAN DE VIJVER, B., GREMMEN, N. & BEYENS, L. 2005. The genus *Stauroneis* (Bacillariophyceae) in the Antarctic region. — *Journal of Biogeography*, **32**: 1791-1798.

Dégradation des terres et des milieux de production en Afrique tropicale humide*

par

Clément MATHIEU**

MOTS CLES. — Culture itinérante; Dégradation des terres; Infertilisation; Transhumance.

RESUME. — L'Afrique tropicale humide présente des densités de population extrêmement variables selon les régions et les systèmes d'exploitation.

Or le phénomène de la dégradation des sols par la culture traditionnelle itinérante et par l'élevage transhumant observé dans de nombreux endroits n'est pas nécessairement en relation directe avec le taux d'occupation des sols.

Nous analyserons les processus de la dégradation du milieu de production en rappelant les étapes qui ont conduit l'agriculteur du nomadisme cultural à l'infertilisation des sols et celles qui ont prévalu à la progression constante des éleveurs nomades vers les savanes toujours plus au sud.

Si les solutions aux problèmes techniques passent obligatoirement par un changement radical des modes de culture allant vers la sédentarisation et la fertilisation via le couple culture-élevage et par un mode réaliste de gestion des pâturages, ces changements doivent aussi être accompagnés d'une transformation radicale dans le soutien et l'accompagnement des communautés rurales; cela passe nécessairement par une plus grande participation acceptée par les agriculteurs.

TREFWOORDEN. — Zwerfcultuur; Landdegradatie; Het ontvruchtbaar maken; *Transhumance*.

SAMENVATTING. — *Land- en productiemilieudegradatie in vochtig tropisch Afrika.* — In vochtig tropisch Afrika komen uiterst wisselende bevolkingsdichtheden voor, al naargelang de regio's en de exploitatiesystemen.

Maar, het verschijnsel 'bodemdegradatie' door traditionele zwerfcultuur en veeteelt met transhumance, op talrijke plaatsen waargenomen, houdt niet noodzakelijk rechtstreeks verband met de bezettingsgraad van het land.

Wij zullen de degradatieprocessen van het productiemilieu analyseren door de fasen in herinnering te brengen die de landbouwer van nomadische bebouwing tot het onvruchtbaar maken van de bodem brengen, en deze die doorslaggevend geweest zijn voor de onafgebroken trek van de nomadische fokkers in de richting van de steeds zuidelijker gelegen savannes.

* Communication présentée à la séance de la Classe des Sciences naturelles et médicales tenue le 19 décembre 2006. Décision de publication prise le 24 mars 2007. Texte définitif reçu le 21 mai 2007.

** Académie des Sciences d'Outre-Mer, 15 rue Lapérouse, F-75116 Paris (France).

Hoewel de technische problemen enkel opgelost kunnen worden d.m.v. een radicale verandering van de verbouwingwijzen in de richting van permanente vestiging en het vruchtbaar maken d.m.v. de tandem verbouwing-veeteelt en door een realistisch beheer van de weilanden, moeten deze veranderingen ook vergezeld gaan van een radicale wijziging van de steun aan de begeleiding van de plattelandsgemeenschappen; dit impliceert dat de landbouwers een grotere deelname moeten aanvaarden.

KEYWORDS. — Traditional Cropping; Land Degradation; Infertilization; Transhumance.

SUMMARY. — *Land and Production Areas Degradation in Humid Tropical Africa.* — Humid tropical Africa has very variable densities of population according to countries and farming systems.

However, the soil degradation phenomenon caused by traditional cropping and transhumant livestock observed in many places is not necessarily in direct relation with the land-use ratio.

We will analyse the process of degradation of production areas by recalling successive circumstances that have led farmers from primitive cropping to infertilization of soils and those which have coupled with the progressive movement of nomadic breeders toward the southernmost savannas.

Although solutions to the technical problems must undergo a radical change in cropping systems going to sedentary life and fertilization by way of the cropping-livestock production association and in a realistic method of grazing management, these changes must also be accompanied by a radical transformation in the support of rural communities; this goes necessarily through a more willing participation of farmers.

1. Introduction

L'Afrique tropicale humide n'échappe pas au processus de dégradation des terres agricoles, voire de leur désertification contrairement à ce qu'on pourrait penser. Bien évidemment, cela ne concerne pas toute l'Afrique tropicale humide, mais des zones de plus en plus nombreuses surexploitées ou surpâturées, alors qu'auparavant les agrosystèmes établis ne semblaient pas mettre en péril leur propre durabilité.

Pour commencer, définissons l'Afrique tropicale humide: elle est constituée de zones situées de part et d'autre de l'équateur avec la forêt mésophile et la forêt sèche, où les saisons sèches peuvent durer de trois à sept mois, excluant ainsi la forêt ombrophile (climat équatorial) et la steppe tropicale (climat semi-aride avec moins de 500 mm de pluies annuelles). Nous prenons en compte également dans cette appellation les zones de savanes arbustives et arborées allant jusqu'aux limites des brousses à épineux. Du point de vue phytogéographique, nous pouvons préciser qu'il s'agit des régions soudano-zambéziennes et du domaine post-forestier de la région guinéo-congolaise d'après Troupin (1966) in SCHNELL (1976). Nos terrains d'observation concernent la République centrafricaine, la République démocratique du Congo, la partie sud du Tchad, la partie nord de la Tanzanie, le Cameroun, le Kenya, et on peut aussi y inclure le Rwanda et le

Burundi (MATHIEU 1990, 1995, 2003; MATHIEU *et al.* 1988; MATHIEU & NTAGUNAMA 1992).

Un deuxième point concerne le terme de désertification que nous utiliserons au cours de cet exposé. En premier lieu, il ne faut pas confondre désert et désertification. Le désert est une région où la végétation est rare ou absente à cause d'une déficience structurelle de pluies ou d'une aridité édaphique. Quant à la désertification, si nous nous limitons à la définition de référence formulée par la Convention des Nations Unies de Lutte contre la Désertification (UNCCD), elle est définie comme «la dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches par suite de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines». Il s'agit donc d'un processus suivi d'un état créé par la dégradation des terres. Nos régions étudiées ne concernent pas celles répondant à la définition ci-dessus. Cependant, la perte partielle ou totale de la capacité de régénération des milieux de production étudiés, sous l'effet d'activités humaines réduisant la productivité biologique, à savoir la réduction de la biomasse végétale, de la capacité de charge pour le bétail, des rendements des cultures et du bien-vivre de l'homme, nous amène à aussi utiliser ce concept dans des milieux plus humides que ceux retenus par la CNUED. Il y a désertification là où plus rien ne pousse, où on finit pas obtenir un sol nu et où l'abandon par l'homme est inévitable.

2. Quelques généralités sur le milieu naturel et humain

Ces régions tropicales africaines recouvrent du sud au nord les systèmes suivants (CCTA 1956):

- La zone guinéenne forestière avec la plupart du temps une forêt dense semi-décidue. Il y a neuf mois de saison des pluies. Sur le plan agricole, c'est le domaine de la culture du café Robusta, du cacao et de l'hévéa.
- La zone soudano-guinéenne est la zone des savanes où la pluviométrie varie entre 1 400 et 1 700 mm/an. On peut y trouver des forêts denses sèches qui évoluent vers la savane boisée ou arborée par dégradation anthropique et de nombreuses forêts-galeries le long des cours d'eau. C'est la zone à coton, à maïs et à manioc.
- La zone soudanienne avec une pluviométrie variant de 700 à 1 300 mm/an où prédominent successivement et sans partage une saison sèche et une saison humide de six mois chacune. Dans certaines régions (Tchad), on cultive encore du coton mais le vivrier est primordial avec l'arachide, le sorgho, le manioc et le mil dans les régions moins arrosées.

La grande majorité des sols sont des sols rouges tropicaux très anciens (sols ferrallitiques aussi appelés «latérites», sinon des sols ferrugineux tropicaux) extrêmement pauvres en éléments nutritifs et à pH acide. Le pH de surface varie

de 5 à 6,5, celui en dessous de la surface est souvent compris entre 4,8 et 5,5, ce qui est extrêmement défavorable pour la bonne croissance de la plupart des plantes cultivées. Lorsqu'on parle de la pauvreté du sol, on l'exprime également par la réserve en éléments fertilisants (Ca, K, P, S, etc.) présents dans le sol. Dans ces sols, cette réserve est faible, voire très faible. Elle s'exprime par le taux de saturation [1]* du complexe argilo-humique. Dans ces sols, le taux de saturation est pratiquement toujours inférieur à 30 %, pouvant parfois atteindre les 3 ou 5 %.

Ces régions sont très diversement peuplées et occupées. Aussi la moyenne d'habitants au kilomètre carré par pays n'a-t-elle strictement aucune signification tant du point de vue démographique, politique que sur le plan de l'aménagement et du développement. Nous allons donner deux exemples pour illustrer ce phénomène.

- La RCA (République centrafricaine) compte environ 3 800 000 habitants et présente une densité moyenne de 6 habitants/km². Mais 35 % de la population vit dans les zones urbaines dont près de 700 000 habitants à Bangui (soit bientôt un cinquième de la population totale) et 65 % dans les zones rurales, donc en dehors des villes principales (Bouar, Bambari, Berbérati). Les zones situées à l'est et au nord-est du pays rassemblent seulement 5 % de la population et couvrent près de 40 % de la superficie du territoire. Dans le centre et l'ouest la densité rurale varie de cinq à quinze habitants au kilomètre carré selon les zones.
- Le Burundi, avec une population d'environ 6 700 000 habitants, présente une densité moyenne de 240 habitants/km². La part de la population urbaine (Bujumbura, Gitega, Ngozi, Kirundo, Muramvya,...) atteint seulement 10 %. Mais des régions comme le nord-Mugamba ont des densités dépassant parfois 600 habitants/km² (MATHIEU & NTAGUNAMA 1992).

A présent, il s'agit d'analyser les origines de la dégradation des terres et de la désertification de ces régions et pour cela, nous allons faire un retour sur l'histoire d'une partie de ce continent qu'on appelait encore au début du XIX^e siècle «le continent mystérieux».

3. Evolution vers le nomadisme cultural

Avant l'arrivée des colons (à la fin du XIX^e siècle), il existait dans ces régions une agriculture traditionnelle qui, bien que simpliste et très primitive, était en fait l'association de deux systèmes très différents: le système de «protoculture» allant de la simple cueillette au jardin de case et le système de «nomadisme cultural»,

* Les chiffres entre crochets [] renvoient aux notes, pp. 332-333.

agriculture proprement dite, encore peu compliquée mais faisant cependant intervenir l'effort humain.

Dans la protoculture, la nature fournit presque tous les efforts; l'homme, lui, se contente de récolter les productions diverses dont il a besoin et qu'il rencontre au cours de ses nombreuses pérégrinations dans la brousse et dans la forêt.

Les principales plantes récoltées étaient des plantes à tubercules (ignames), des plantes susceptibles de donner des brèdes [2] consommées presque tous les jours, plus des plantes à sel, les condiments et plantes à aromates et enfin les fruits (GUILLEMIN 1956).

A ce système de cueillette était associé celui de la protoculture proprement dite où l'homme contribuait au maintien des espèces spontanées par un minimum d'efforts. Exemples: le palmier à huile en bordure du fleuve, les raphias donnant le vin de palme et le *Ficus elastica* dont l'écorce était utilisée à des fins vestimentaires.

Avec ce système, dès qu'une petite agglomération se créait (deux ou trois cases), s'installait et se stabilisait, le jardin de case était créé. C'était en fait une très petite parcelle où les plantes poussaient en mélange et sans ordre au gré de celui qui les plantait ou les semait. On y trouvait de nombreuses brèdes, des plantes à sel ou aromates, des piments, des gombos et des patates douces puis des bananiers.

Mais ces productions sporadiques et insuffisantes de la brousse, de la forêt et du jardin ne permettaient pas à l'Africain d'assurer sa subsistance dans son intégralité, d'où le passage au système de plantation dans la savane, plantation n'ayant aucun caractère de fixité. Elle se promenait au gré des exigences de la culture, de la fertilité des sols, de l'humeur même de l'agriculteur. Le système était donc celui du nomadisme cultural.

Cette agriculture ancestrale consistait en fait à exploiter le potentiel de fertilité du sol par une succession de cultures de moins en moins exigeantes qui retiraient du sol la totalité ou presque de ses ressources. Arrivée à un stade d'épuisement, la terre était abandonnée à elle-même et la nature était chargée de rendre au sol sa fertilité première par le truchement d'une jachère plus ou moins arborée, dont la durée était fonction de la rapidité du recrû forestier et de la densité de population.

Pour que ce mode d'exploitation soit pérenne, donc en équilibre, dans une certaine circonscription géographique, il fallait donc une superficie considérable de terres soit vierges, soit régénérées par la jachère spontanée dont une infime partie seulement était mise chaque année en exploitation.

Ces abandons de terres en partie stérilisées par les cultures, même compte tenu de la démographie des savanes, mais aussi de nombreux sols inaptes à la culture (cuirasses, sols très gravillonnaires ou trop sablonneux, etc.), ne pouvaient être définitifs car les terrains de parcours auraient dû être beaucoup trop importants et auraient dépassé les limites des trajets pour se rendre à la plantation. On peut estimer le rayon maximum d'occupation à 10 km à partir d'un groupement de population.

En conséquence, la plantation devait périodiquement revenir sur de vieilles terres, précédemment mises en culture, mais dont la fertilité avait retrouvé son niveau primitif d'avant défrichement.

Van der Pool (in GUILLEMIN 1956) a défini cette utilisation des sols en nomadisme cultural, selon trois cas, par une courbe qui est en fait une série d'oscillations entre la culture et la régénération (fig. 1).

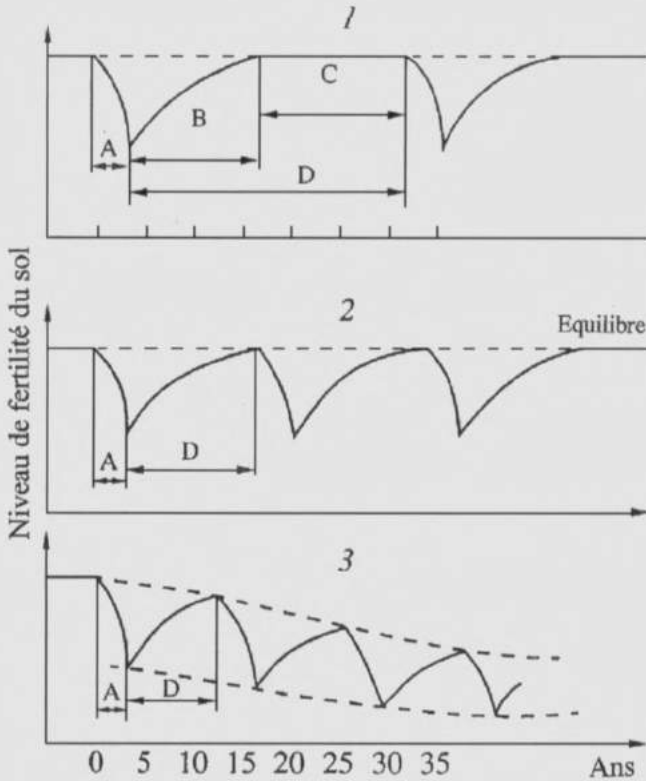


Fig. 1. — Courbes de Van der Pool: période de régénération et période stérile; période de l'utilisation agricole; période de jachère.

- Courbe 1: la période de jachère est très longue, plus longue que celle nécessaire à la reconstitution de la fertilité première. Il y a alors une longue période où le sol est en équilibre avec la nature et ne s'améliore plus, que l'auteur a appelée «période stérile» (sous-entendu pour production agricole). Le système peut se perpétuer sans aucune précaution.
- Courbe 2: la période de jachère est égale à celle nécessaire à la reconstitution du stock primitif de fertilité. Le sol est exploité au maximum et on se trouve

à l'équilibre sol-culture. C'est là l'utilisation la plus rationnelle des possibilités de régénération par la nature. Mais une extrême prudence est nécessaire.

— Courbe 3: la période de jachère est inférieure à celle de la reconstitution. Jamais le sol ne peut retrouver sa fertilité première. Il s'ensuit que les périodes culturales deviennent de plus en plus courtes, que les terres s'appauvrissent de plus en plus et que l'on arrive petit à petit à la stérilisation du sol.

Concernant la courbe 3, l'agriculteur pratique une agriculture «minière», c'est-à-dire qu'il exploite le sol sans jamais rien lui restituer, et cela jusqu'à exploitation totale de sa fertilité.

Dans le système traditionnel, lorsque les habitats sont très dispersés sur un territoire, ce système fonctionne correctement puisque la pression démographique à l'unité de surface est faible (courbes 1 ou 2).

4. De la villagisation à l'infertilisation des sols

Nous voyons donc la fragilité d'un système qui demande pour être mis en œuvre une connaissance parfaite du niveau primitif de fertilité, du temps de régénération par la jachère, du potentiel exploitable, car, si le retour de la période culturale est trop rapide, on arrive à dépasser l'équilibre réversible possible et la nature intervenant seule ne peut plus régénérer le taux de fertilité du départ.

En conséquence, l'agriculture traditionnelle ne pouvait être conservatrice du sol que si la densité de population permettait une jachère de longue durée, qui devait être, de l'avis de tous les agronomes, au moins égale à vingt ans (de nombreuses enquêtes ont été faites auprès de vieux autochtones entre 1945 et 1955) (GUILLEMIN 1956).

Avec la pénétration européenne, toute l'agriculture traditionnelle disparaît pratiquement. Toutes les transformations apportées par l'Européen vont contribuer à bouleverser complètement l'optique agricole de l'Africain et le terroir rural où il évolue.

Outre la transformation dans l'alimentation de base et les modes de culture, avec la généralisation de la culture du manioc et l'introduction des cultures dites industrielles (coton, café, ...), la transformation qui allait vraiment modifier de fond en comble les structures sociales et l'organisation du paysage rural a été le regroupement des villages. Cette opération, d'origine militaire, avait pour but de contrôler efficacement des populations non seulement individualistes, mais réticentes, voire hostiles, au colonisateur. Ce regroupement était, d'autre part, favorable au recrutement de la main-d'œuvre nécessaire dans les grandes plantations. La brousse se vide alors de tous ses habitants qui se trouvent regroupés autour des postes de contrôle, faciles à surveiller. Très vite, par la suite, les postes de contrôle furent reliés entre eux par un réseau peu dense de grandes pistes, telles que nous les connaissons encore aujourd'hui.

Petit à petit, les populations croissantes ont étendu le village le long de la piste, si bien qu'à présent on peut dire que la quasi-totalité de la population rurale a son habitat limité au réseau des pistes principales parfois distantes entre elles de plusieurs dizaines, voire parfois d'une centaine, de kilomètres. N'ayant plus suffisamment de place pour réaliser son jardin de case au sein du village, le paysan a dû conduire ses cultures dans des parcelles extérieures au village.

Avec la concentration démographique des villages, la superficie accordée aux plantations est devenue considérable et compte tenu de la succession culturale, très rapidement les cultivateurs ont dû faire des distances énormes pour se rendre sur leurs champs, tout en diminuant la durée de la jachère spontanée; celle-ci tombant de vingt-cinq ans à moins de dix ans, voire cinq ans, et encore moins actuellement selon les régions. Il s'en est donc suivi un déséquilibre très net entre la durée des cultures et celle de la jachère nécessaire à la restructuration spontanée de la fertilité.

Dans ces régions africaines, en l'absence d'une fertilisation chimique artificielle par apport d'engrais ou d'amendements calciques (problème de coût, de transport et de disponibilité), la fertilité du sol tient essentiellement dans sa richesse en matière organique. Or, la matière organique est produite durant la période de jachère. Lorsque la période de jachère est inférieure à celle de la reconstitution, voire absente dans les cas extrêmes, à terme le sol s'épuise et atteint le stade d'«infertilisation». Il est parfois abandonné ne pouvant plus produire une biomasse suffisante.

Les zones cultivées devenant de plus en plus étendues et peu protégées (disparition de la strate arborescente ou arbustive), on assiste ainsi très vite à une érosion hydrique importante, érosion d'autant plus menaçante qu'en début de saison des pluies, ce sont les périodes de semis et de plantation alors que les sols sont nus.

Dès que la pente dépasse 2 %, l'érosion en nappe est nettement visible, immédiatement après les semis, dès les premières pluies. Le sol est littéralement lavé par les eaux de ruissellement emportant ainsi les matériaux fins et les particules de matière organique, maigre substrat biogène des sols tropicaux acides. Or, l'agriculteur, par souci de la moindre dépense d'énergie, établit le plus souvent ses cultures dans le sens de la pente, c'est-à-dire dans les conditions optimales d'érosion.

Petit à petit, ce système de culture se traduit inexorablement par un appauvrissement extrême, voire une stérilisation progressive, des périmètres des agglomérations regroupées.

Lorsque, sur un même terrain, on compare les caractéristiques pédologiques de la couche superficielle de sols sous végétation naturelle et de sols cultivés depuis des années, on constate, à chaque fois, moins de matière organique, un pH plus acide sous culture (COINTEPAS & MAKILO 1982, MATHIEU *et al.* 1988, COMBEAU & QUANTIN 1963).

Des comparaisons de sols cultivés depuis quarante-cinq ans avec des sols voisins restés sous végétation forestière montrent une baisse de 30 % de la

macroporosité, une diminution de la stabilité structurale, une baisse du pH de 0,7 unité (COINTEPAS & MAKILO 1982). Concernant l'évolution de la stabilité structurale à moyen terme, la moyenne de Is [3] passe de 0,41 pour le témoin à 0,46 la première année de culture, à 0,96 la quatrième année et à 1,71 la huitième année (COMBEAU & QUANTIN 1963), traduisant ainsi une très forte baisse de la stabilité de la structure. Or la quantité d'éléments transportés est directement proportionnelle à l'instabilité structurale du sol (QUANTIN & COMBEAU 1962).

A l'appauvrissement des sols en éléments biogènes par une exploitation agricole abusive et non contrôlée des jachères trop courtes, il faut encore ajouter un appauvrissement des savanes arborescentes par déboisement intensif de ces zones pour l'approvisionnement en bois de feu.

En conséquence, toutes ces pratiques culturales aboutissent inexorablement à une infertilité prononcée du sol. A partir de cette constatation, on assiste à deux itinéraires différents selon l'«ancrage» de la population.

Dans le premier cas, celui des grosses agglomérations à caractère citadin avec des infrastructures durables, la population reste sédentaire mais les plantations s'éloignent progressivement de l'agglomération. Ainsi apparaissent, dans les nouvelles zones de cultures éloignées de ces centres, des cases de plantation, habitations rudimentaires faites en bordure des champs, et où une partie de la famille passe une grande partie de son temps (soustrayant souvent les enfants aux obligations scolaires!). Autour de l'agglomération vers ces nouvelles zones de culture s'installent des «auréoles» de désertification croissante. Le front cultural admissible s'éloigne de plus en plus de l'agglomération. Des zones absolument stériles et dénudées occupent les anciens champs. (GUILLEMIN 1956; KOKAMY-YAMBERE 1989,1990).

Dans le deuxième cas, celui des villages peu organisés avec une population ne dépassant pas deux cents habitants, il est courant d'assister au déplacement complet du village à plusieurs dizaines de kilomètres de son lieu d'origine. Ceci dès que les agriculteurs jugent que l'état de productivité de leur terroir agricole atteint une limite inacceptable. Combien d'emplacements d'anciens villages ne sont-ils pas signalés par des bosquets de palmiers ou plus souvent par des manguiers isolés au milieu des recrûs forestiers.

5. De la transhumance à la gestion de l'espace pastoral

Un autre facteur principal de la dégradation des savanes est assurément le surpâturage des zones d'élevage par les troupeaux bovins des éleveurs nomades mbororo.

L'existence d'un élevage bovin nomade dans les savanes soudano-guinéennes n'est pas un phénomène actuel. Dès 1920, on note l'arrivée des Mbororos venus des savanes soudaniennes du Tchad et du Nord-Cameroun. En 1933, le cheptel bovin est estimé en République centrafricaine à cent cinquante mille têtes et à

plus de deux cent mille en 1937. Les effectifs augmentent régulièrement jusqu'en 1965 jusqu'à environ quatre cent mille têtes. Leur présence est essentiellement localisée dans des secteurs bien délimités mais la dégradation du milieu due au surpâturage est déjà signalée en termes très graves (Janin, cité par BOUTRAIS 1988). Vers la fin des années 1960, le cheptel augmente de plus en plus vite en raison principalement d'un accroissement naturel des troupeaux sur place. Entre 1975 et 1980, la sécheresse et la guerre civile au Tchad poussent les éleveurs tchadiens à passer au Centre-Cameroun et en Centrafrique. En 1978, on estime que le troupeau centrafricain atteint un million de têtes et plus de deux millions à partir de 1988 (BOUTRAIS 1988).

A partir de ce moment-là, l'espace pastoral se trouve complètement modifié; de nouveaux parcours sont indispensables. Déjà vers la fin 1975, on assiste au «remplissage» des savanes allant des savanes soudano-sahéliennes au nord aux savanes forestières au sud. En RCA, dans la zone de Bambari où de nombreux éleveurs s'étaient installés, KOKAMY-YAMBERE (1989) estimait une superficie minimale de 85 000 ha en réelle voie de désertification. A la même période, j'ai vu des troupeaux nomades au beau milieu de la forêt dense sempervirente de la Sangha chez les Pygmées Aka!

A cette expansion du troupeau bovin dans toutes les savanes s'ajoutent aussi celles qui découlent du mode de vie des Mbororos. Ces derniers, très individualistes, vivent dans des «campements», distants les uns des autres, le plus souvent de 1 à 2 km et constitués de huttes grossières. Ils ne ressentent d'attaches qu'envers leurs troupeaux, aucune pour la terre nourricière de ceux-ci qui, sitôt épuisée, sera abandonnée pour de nouveaux pâturages. Les saisons leur dictent en partie ce comportement puisque leur alternance les oblige à effectuer leur «cueillette» dans des endroits différents au cours de l'année, avec en général un retour au même endroit chaque année pour la période d'hivernage, sinon dans la même zone géographique, compte tenu de l'état de productivité du pâturage.

Malheureusement, aujourd'hui la dégradation du patrimoine agropastoral est enclenchée et sera difficile à ralentir, à défaut de l'enrayer. La transformation du milieu pastoral commence dans les lieux de campements traditionnels et sur les zones saturées en charge bovine pendant la saison des pluies. Cette transformation est plus ou moins rapide selon l'importance du troupeau qui y stationne (de quatre-vingts à cinq cents bêtes). Durant la saison des pluies, il n'est pas rare que le troupeau passe quinze heures sur vingt-quatre dans les environs immédiats du campement pour réduire les déplacements du troupeau. Sur ces surfaces, les charges supportées impliquent à plus ou moyen terme (moins de trois ans) la dégradation du milieu de production (MATHIEU 1988). L'auteur note fréquemment un processus de sélectivité extrêmement intense s'exerçant sur certaines plantes. La fréquence des espèces appétantes diminuant, on note un envahissement des surfaces trop fréquentées par des herbacées peu appréciées, puis l'apparition de zones de plus en plus dénudées.

La résultante de cette surcharge (piétinement des animaux, éclaircissement de la végétation) provoque également un tassement et une dénudation du sol avec une érosion ravinante intense stérilisant le milieu et le figeant dans une forme irréversible si une mise en défens intégral n'intervient pas.

A partir d'observations sur le terrain et de l'avis même des éleveurs, les causes principales de la dégradation sont au nombre de trois:

- Le surpâturage;
- Le mauvais emploi du feu;
- L'insuffisance de la réglementation.

Des observations permettent de constater que lorsqu'un campement d'éleveurs s'installe, sa charge instantanée est telle que la végétation aux alentours disparaît, provoquant une dénudation de la zone. En conséquence, l'éleveur est contraint à la migration. On estime qu'un campement peut couvrir une superficie de 25 à 30 ha. Si au bout de trois à cinq ans, les éleveurs sont obligés d'abandonner ces zones de campement, en les additionnant au fil des années, cela représente des superficies considérables (BEREKOUTOU 1990). Un autre exemple en RCA est celui de la région de l'Ombella-Mpoko où, en 1983, Audru (cité par MATHIEU 1988) estimait déjà les surfaces dégradées à 30 000 ha par an.

Un autre facteur essentiel de la dégradation du sol est le mauvais emploi du feu de brousse. Qu'il s'agisse d'agriculteurs ou d'éleveurs, ceux-ci allument souvent des feux précoces pour nettoyer les alentours des villages et des cultures ou pour rechercher les premières repousses pâturables. Mais le feu précoce n'assure pas un nettoyage suffisant de la végétation. Les parties non brûlées, car trop vertes encore, ne suffisent pas à assurer un deuxième passage des flammes. Ainsi les mauvaises herbes et surtout les ligneux bas entament une rapide et vigoureuse reconquête de l'espace disponible, les graminées de bonne valeur, elles, ne sont pas capables de reconquérir la place. Or, c'est là un facteur fondamental de la lutte contre la dégradation des pâturages.

Avec l'extraordinaire augmentation du troupeau bovin et avec la tendance des éleveurs à occuper toutes les savanes, le développement d'un programme de gestion de l'espace pastoral en vue de maintenir sa productivité se heurte à l'individualisme, au traditionalisme et à l'insaisissabilité du Mbororo.

Pour essayer de résoudre ces difficultés et de contrôler un tant soit peu les éleveurs en matière de déplacement et de gestion rationnelle des pâturages, certains gouvernements ont tenté de les rassembler en structure communautaire. Mais la difficulté majeure réside dans le problème de leur formation et en premier lieu de leur analphabétisation.

Enfin, l'insuffisance ou le non-respect de la réglementation reste un point essentiel car il concerne l'homme, tant l'administrateur que l'éleveur. Par le biais de projets, les gouvernements dictent des mesures de gestion des pâturages mais pour l'éleveur, cette gestion pratique est reléguée au dernier plan. Il continue à penser que l'espace est indéfiniment disponible.

La formation est donc un objectif essentiel pour permettre l'émergence d'éleveurs dynamiques désireux de participer à l'effort collectif. Cela doit débiter par la scolarisation des enfants, puis se poursuivre par la sélection et la promotion de ceux de leurs fils capables d'atteindre un niveau scolaire de fin du secondaire. Elle permettrait également d'aider le monde nomade à s'intégrer dans la vie sociale et économique du pays.

6. Discussions et conclusions

Nous venons de voir le schéma d'appauvrissement des sols cultivés en Afrique tropicale humide, appauvrissement qui va se poursuivre inexorablement jusqu'à la stérilité totale du sol avant abandon de celui-ci pour de nouvelles zones vierges si aucune intervention concrète (*inputs*) de l'agriculteur n'a lieu — nous entendons par agriculteur aussi bien le cultivateur que l'éleveur.

Pourtant, en agriculture tropicale sédentaire, des progrès considérables peuvent être réalisés. Les remèdes accessibles aux paysans de ces régions pour maîtriser la dégradation chimique et physique des sols cultivés ou mieux pour améliorer leur fertilité sont connus des agronomes depuis longtemps (DALZELL *et al.* 1988, DUPRIEZ & DE LEENER 1983, GREENLAND & LAL 1975, PIERI 1989). Ces remèdes ont été expérimentés dans toutes les parties du monde. Mais l'application de ces mesures suppose un changement d'attitude et de mode de vie de la part des populations dans les zones concernées ainsi qu'un changement du raisonnement des planificateurs et des administrateurs, et c'est ce qui est particulièrement difficile. L'amélioration des sols cultivés sans longue jachère doit être l'objectif fondamental de sédentarisation des agriculteurs.

Avec une population variant de quatre à dix habitants/km², l'Afrique tropicale humide a encore des espaces agricoles ouverts non saturés. Mais comme nous l'avons fait remarquer, cette population est concentrée le long des principales pistes, laissant à l'intérieur du réseau de vastes espaces inutilisés parce que non accessibles.

En systèmes d'agriculture et d'élevage traditionnels, on estime à trente-cinq habitants/km² la densité de population supportable par de tels systèmes (*source*: Banque Mondiale 1985, in PIERI 1989). Cette hypothèse nous amène à considérer la perspective d'une saturation foncière localisée et nettement circonscrite non plus en milieu ouvert mais en espace confiné et limité. Dans cette perspective, peut-on éviter la dégradation du système de production?

Nous pouvons également suggérer que les espaces non exploités pourraient l'être à condition d'être rendus accessibles et équipés de l'infrastructure nécessaire (eau et électricité). Mais cette politique d'une occupation plus grande de l'espace ne peut être conduite que par l'administration centrale des Etats.

De nombreux exemples ont aussi montré que dans de telles situations les agriculteurs ont été conduits à mieux cultiver les superficies réduites dont chaque

actif dispose en adaptant leurs systèmes au milieu et non l'inverse. De nombreuses études ont été faites au Niger, au Togo, au Sénégal (PIERI 1989) et au Burundi (D'HAESE & NDIRA 1985, MATHIEU *et al.* 1988), pour ne citer que quelques cas et chaque fois, dans des systèmes stabilisés et reproductibles, les rendements des cultures étaient supérieurs en système intensif à ceux du système traditionnel. Les surcroûts de rendement sont dus essentiellement:

- A une utilisation de la fumure organique (compost + fumier) et une restitution systématique des résidus de culture (+ paillage);
- A un meilleur entretien des champs cultivés (sarclage, binage) et une meilleure préparation du sol, c'est-à-dire grâce à une nette augmentation de travail et d'*inputs* (compost, fumier, etc.) par unité de surface.

L'obligation d'une révolution agricole du type «fourrage-fumier» (par l'agrosylvo-pastoralisme) est un préalable à l'amélioration de la fertilité des sols avant d'envisager un quelconque apport d'engrais chimiques. La matière organique par sa minéralisation est la première source de cations susceptible d'améliorer le taux de saturation du complexe argileux et de relever le pH. L'animal domestique n'est-il pas le meilleur apport d'humus nécessaire au milieu considéré? Le premier pas à franchir consiste à introduire des moyens de produire l'humus non seulement dans les milieux où la saturation foncière est atteinte, mais dès qu'une parcelle est mise en culture. Le capital «sol» doit être entretenu et préservé quelle que soit la pression démographique existante.

En matière d'élevage bovin, la période des actions est l'éducation et l'information à donner aux éleveurs sur la nécessité de préserver le pâturage. La création de zones d'action agropastorale en vue de la sédentarisation des éleveurs et de l'intensification de l'élevage devrait se poursuivre en parallèle avec un suivi détaillé de l'évolution de ces espaces.

Or, à ce jour, on peut globalement conclure que la gestion du pâturage n'existe pas et que la part des pâturages inutilisables augmente chaque année. Il est donc très urgent de réagir et de rechercher un schéma d'utilisation moins dégradant. Comme pour toutes les transformations en milieu agricole africain, les objectifs d'un système protecteur ne peuvent être efficaces qu'à condition d'introduire des actions simples et surtout progressives ayant la confiance des éleveurs (utilisation de l'espace, charge utile/ha, géographie des transhumances, feux de brousse, mise en défens, etc.), en sachant cependant que toute contrainte trop forte se traduirait par leur départ vers d'autres espaces disponibles et a fortiori la création de nouvelles zones dégradées.

En conclusion, après cette analyse qui fait apparaître les problèmes mais aussi les moyens de les résoudre pour préserver l'espace productif, il faut finalement éduquer l'homme dans ses rapports avec le sol dont il dépend. Les sols agricoles se dégradent et il faut stopper cet itinéraire néfaste dès que possible. La stratégie à adopter doit reposer sur une participation active et volontaire des populations rurales à deux conditions:

- Que la participation ne soit pas imposée mais bien fondée sur une véritable association dès la conception du projet et jusqu'à la mise en œuvre du programme;
- Que les interventions (lutte anti-érosive, réglementation des feux de brousse, création de compostières, gestion des pâturages, ...) soient utiles, c'est-à-dire qu'elles contribuent à une amélioration sensible et rapide des rendements, des revenus et des conditions de vie.

Aujourd'hui, on constate l'incapacité chronique des services de l'administration à remplir ce rôle d'animation et d'assistance technique auprès des agriculteurs, après avoir soutenu durant plusieurs décennies des systèmes assistés alors que la recherche agronomique devrait être relancée et soutenue d'une manière intense. Avec l'enseignement et la santé publique, n'est-elle pas un des piliers fondamentaux des économies basées en très grande partie sur l'agriculture? Une meilleure connaissance socio-agro-économique des territoires à l'aide d'outils performants (par exemple: télédétection et SIG) devrait également aider les différents acteurs du développement (décideurs, banquiers, groupements de producteurs) à faire les choix qui s'imposent. Mais les structures des Etats sont-elles aujourd'hui capables de répondre à ces exigences?

Or, avec le développement commercial et technique de l'agriculture tel qu'il se présente, les agriculteurs se trouvent désemparés face à la gestion de l'exploitation, à l'acquisition ou à la modification des modes de production (fertilisation du sol, développement du maraîchage, traction animale, ...) ainsi que face à la prévision et à l'organisation du marché sans parler de l'amélioration des conditions de vie et de santé de leur famille.

L'émergence de systèmes autonomes par la professionnalisation, l'organisation des groupements et des filières repose entièrement sur la responsabilité des acteurs eux-mêmes. Malheureusement, ceux-ci n'ont pas les formations suffisantes et les moyens de répondre seuls à ces défis qui s'accumulent.

L'expérience de ces dernières décennies montre que de nouvelles formes d'assistance et de coopération comme celles réalisées par les ONG deviennent urgentes si nous voulons enrayer les dégradations actuelles plutôt que de constater la progression de la désertification de ces espaces si importants pour l'agriculture africaine.

L'aide macro-économique d'Etat à Etat touche trop peu souvent les premiers acteurs du développement que sont les agriculteurs. Les constats actuels, non relayés par des études chiffrées et publiées, montrent cependant l'importance du développement économique et social lorsque celui-ci est initié par une aide directe à l'individu (formation permanente, micro-crédit, actions intégrées, etc.).

NOTES

- [1] Un complexe saturé à 100 % constitue la situation optimale pour la croissance des plantes cultivées, donc pour le rendement des récoltes.

- [2] Les brèdes désignent un ensemble très divers de feuilles comestibles de nombreuses plantes, terme employé dans les Mascareignes depuis le XVII^e siècle et en Afrique francophone depuis le XIX^e siècle. Terme également utilisé dans la cuisine réunionnaise.
- [3] Is = Indice d'instabilité structurale mesurée selon la méthode Hénin au laboratoire.

BIBLIOGRAPHIE

- BEREKOUTOU, M. 1990. Dégradation des sols et stratégie de conservation en vue de leur utilisation rationnelle, le cas de l'élevage. — Bangui, Dir. de l'Agropastoralisme, ANDE, rapport, 9 pp.
- BOUTRAIS, J. 1988. Des peuls en savanes humides, développement pastoral dans l'ouest centrafricain. — Paris, ORSTOM, 383 pp.
- CCTA 1956. Phytogéographie. Réunion des spécialistes du CSA en matière de phytogéographie, Yangambi, Congo belge.
- COINTEPAS, J. P. & MAKILO, R. 1982. Bilan de l'évolution des sols sous culture intensive dans une station expérimentale en milieu tropical humide. — Paris, *Cahiers ORSTOM*, sér. pédologie, **19**(3): 272-282.
- COMBEAU, L. & QUANTIN, P. 1963. Observations sur la variation dans le temps de la stabilité structurale des sols en région tropicale. — Paris, *Cahiers ORSTOM*, sér. pédologie, **3**: 17-26.
- DALZELL, H. W., BIDDLESTONE, A. J., GRAY, K. R. & THURAIRAJAN, K. 1988. Aménagement du sol: production et usage du compost en milieu tropical et subtropical. — Rome, FAO, *Bull. pédol.*, **56**, 165 pp.
- D'HAESE, L. & NDMIRA, P. F. 1985. Etude multidisciplinaire des systèmes d'exploitation agricole de la région d'Ijenda, phase descriptible (t. 1). — Bujumbura, Univ. du Burundi, Fac. Sc. Agron., doc. interne, 270 pp.
- DUPRIEZ, H. & DE LEENER, P. 1983. Agriculture tropicale en milieu paysan africain. — Paris, L'Harmattan, 280 pp.
- GREENLAND, D. J. & LAL, R. (Ed.) 1975. Soil Conservation and Management in the Humid Tropics. — New York, Wiley, 283 pp.
- GUILLEMIN, R. 1956. Evolution de l'agriculture autochtone dans les savanes de l'Oubangui. — *L'Agronomie Tropicale*, **11**: 39-61; 143-176; 229-309.
- KOKAMY-YAMBERE 1989. Reconnaissance des principales formes de dégradation des sols dans la région de Bambari. — Bangui, BNPCS, MDR, doc. interne, 17 pp. + 1 carte 1/200 000.
- KOKAMY-YAMBERE 1990. Reconnaissance des principales formes d'érosion et de dégradation des collines de Bangui. — Bangui, BNPCS, MDR, doc. interne, 16 pp. + 3 cartes 1/200 000.
- MATHIEU, C. 1990. Itinéraires de la dégradation des terres de savanes soudano-guinéennes à très faible densité de population, l'exemple de la République Centrafricaine (RCA). — Bruxelles, *Tropicultura*, **80**(4): 175-184.
- MATHIEU, C. 1995. Erosion et désertification en Afrique tropicale humide. — *Bull. de la Soc. de Géographie de Toulouse*, nouvelle série, **275**: 62-72.
- MATHIEU, C. 2003. Fertilité des sols et pratiques culturales dans le cadre d'un projet de formation en cultures améliorées, Province de la Pendé, Tchad. — Washington, International Cooperation, ORT, rapport de mission, 25 pp + annexes.

- MATHIEU, C., NGOUAZE, F., DOKO, P. & OUSMAN, A. 1988. Etude des sols pour la réinstallation des terres agricoles entre Boyali et Botami s/préfectures de Boali et Bossembélé. — Bangui, RCA, BNPCS, MDR, doc. interne, 63 pp. + 6 cartes 1/25 000.
- MATHIEU, C. & NTAGUNAMA, F. 1992. Evolution de l'occupation du sol et pression démographique en zone tropicale: une analyse par photographies aériennes au Burundi. — Montpellier, *L'Agronomie Tropicale*, **46**: 13-22.
- MATHIEU, R. 1988. Mode d'utilisation des pâturages de saison des pluies par les éleveurs Mbororos, région de Bossembélé, RCA. — Toulouse, ESA Purpan, rapport de stage, 57 pp.
- PIERI, C. 1989. Fertilité des terres de savanes. — Montpellier, CIRAD, 444 pp.
- QUANTIN, P. & COMBEAU, A. 1962. Erosion et stabilité structurale du sol. — A.I.H.S., Commission d'érosion continentale, **59**: 124-130.
- SCHNELL, R. 1976. Flore et végétation de l'Afrique tropicale (2 vol.). — Paris, Gauthier-Villars.

Classe des Sciences techniques

Klasse voor Technische Wetenschappen

Volcano Eruptions, Earth- & Seaquakes, Dry Fogs vs. Aristotle's *Meteorologica* and the Bible in the Framework of the Eighteenth Century Science History*

by

Gaston DEMAREE**, Øyvind NORDLI***, Isabel MALAQUIAS****
& Domingo GONZALEZ LOPO*****

There will be famines and earthquakes in various places.
(Matthew 24: 7)

Un jour tout sera bien. Voilà notre espérance.
Tout est bien aujourd'hui. Voilà l'illusion.
(Voltaire, Poème sur le désastre de Lisbonne)

KEYWORDS. — Volcano Eruption; Earthquake; Seaquake; Dry Fog; Lisbon 1755; Aristotle; *Meteorologica*; Bible.

SUMMARY. — The earthquake, or better said the seaquake, of All Saints' Day of 1 November 1755 at Lisbon was felt in three different continents, namely Europe, Africa and America. The ensuing tsunami was observed in Europe, in Africa, on the Azores and Madeira, and even in the Antilles and the eastern coast of America. Later observations showed in the whole of Europe the presence of "seiches", *i.e.* fluctuations of the water surface due to the seism.

The authors have considered the meteorological conditions at the moment of the earthquake and suggest here a new interpretation of the appearance of a yellow fog or smoke and the foul smell of sulphur namely as a consequence of the eruption of Katla volcano in Iceland a fortnight before. This interpretation is confronted with the then dominating theory of Aristotle's *Meteorologica* or with prognostications from the Bible. Nevertheless, other accounts testify the emerging new vision of scientific ideas in the spirit of the Enlightenment.

TREFWOORDEN. — Vulkaanuitbarsting; Aardbeving; Zeebeving; Droge Mist; Lissabon 1755; Aristoteles; *Meteorologica*; Bijbel.

* Paper presented at the meeting of the Section of Technical Sciences held on 25 January 2007. Text received on 7 March 2007.

** Royal Meteorological Institute of Belgium, Brussels (Belgium).

*** Norwegian Meteorological Institute, Oslo (Norway).

**** Departamento de Física, Universidade de Aveiro (Portugal).

***** Departamento de Historia II, Universidad de Santiago de Compostela (Spain).

SAMENVATTING. — *Vulkaanuitbarstingen, aard- en zeebevingen, droge mist vs. Aristoteles' Meteorologica en de Bijbel in het licht van de 18de eeuwse wetenschapsgeschiedenis.* — De aardbeving, of beter de zeebeving, van Lissabon van Allerheiligen 1755 was voelbaar in drie verschillende continenten, namelijk Europa, Afrika en Amerika. De daaropvolgende tsunami werd waargenomen in Europa, in Afrika, op de Azoren en Madeira en zelfs tot op de Antillen en aan de oostkust van Amerika. Verder waren er in heel Europa waarnemingen van „seiches” of van het fluctueren van de wateroppervlakken door de beving.

De auteurs buigen zich over de meteorologische toestand op het ogenblik van de aardbeving en komen met een nieuwe interpretatie van de waargenomen feiten aan, namelijk de observatie van een zwavelachtig riekende mist als gevolg van de Katla vulkaanuitbarsting in IJsland een veertiental dagen voordien. Deze interpretatie wordt geconfronteerd met de toen heersende wetenschapstheorie van de *Meteorologica* van Aristoteles en met prognosticaties uit de Bijbel. Andere teksten getuigen van de nieuwe filosofische ideeën gegeneerd door de Verlichting.

MOTS-CLES. — Eruption volcanique; Tremblement de terre; Tremblement de mer; Lisbonne 1755; Brouillard sec; Aristote; «Les Météorologiques»; La Bible.

RESUME. — *Eruptions volcaniques, séismes terrestres et sous-marins, brouillard sec par comparaison à la Meteorologica d'Aristote et la Bible à la lumière de l'histoire des sciences au XVIII^e siècle.* — Le séisme terrestre, ou plutôt sous-marin, qui frappa Lisbonne le jour de la Toussaint 1755 fut ressenti sur trois continents différents, à savoir l'Europe, l'Afrique et l'Amérique. Le tsunami qui s'ensuivit fut enregistré en Europe, en Afrique, aux Açores et à Madère, et même jusqu'aux Antilles et la côte est de l'Amérique. Des observations ultérieures révélèrent dans toute l'Europe la présence de «seiches» ou oscillations de la surface de l'eau dues au séisme.

Les auteurs se sont penchés sur la situation météorologique au moment du séisme et proposent une nouvelle interprétation des faits établis, à savoir l'observation d'une brume sulfureuse nauséabonde provoquée par l'éruption du volcan Katla en Islande une quinzaine de jours auparavant. Cette interprétation est confrontée à la théorie scientifique, autrefois dominante, de la *Meteorologica* d'Aristote et des prophéties de la Bible. D'autres textes, néanmoins, servent d'exemple aux nouvelles idées philosophiques générées par les Lumières.

1. Introduction and Setting of the Paper

Ever since an immense seaquake devastated the shores of Southeast Asia on December 26, 2004, caused a toll of several hundred thousand lives and left at least one million homeless, the word *tsunami* [1]* has entered our daily vocabulary. Note that the word *maremoto* has been used for centuries in the Hispanic and Lusitanian contexts. The fact that this catastrophe occurred in Christmas time

* Numbers in brackets [] refer to the notes, p. 356.

and made its victims among the poor and needy humanity of Third-World countries, shook the foundations of our worldview. World media immediately connected the tragic event to other global issues such as global climate change, ecological policy, North-South contrasts and weather-related disasters. The “biblical dimensions” were noticed and even the meaning of the disaster was sought as if it carried a divine message (NORDLIE 2006).

Very similar considerations were held on the occasion of the famous Lisbon sea- and earthquake of November 1, 1755, occurring also on the holy day of All Saints. To name only one, Voltaire who made “Candide” witness the destruction of the town of Lisbon and asked the famous philosophical question of the goodness of our world. A “seismic crisis” took place in the period 1755-62 as earthquakes did occur frequently in North-West Europe (ALEXANDRE & VOGT 1994).

The authors will mainly consider the meteorological descriptions of the Lisbon earthquake. Those can be divided into two groups, the first one which tells that the weather for the weeks preceding the sea- & earthquake was very fine and clear, and that the quake occurred with a clear sky (point 3.1.). In terms of literature these nice weather conditions help provide a strong contrast with the catastrophic events of the town destruction.

However, it was rather striking that several authors who were direct witnesses of the events augmented their weather accounts with descriptions of dark, coloured, bad smelling fogs observed before the fatal earthquake. Although these descriptions (point 3.2.) are fully in line with the ongoing scientific theory of that time, namely Aristotle’s *Meteorologica* (point 7), the descriptions are so detailed and numerous from independent sources that the authors of the present paper made a daring hypothesis. They interpreted these descriptions as dry fogs from the Icelandic Katla volcanic eruption a fortnight before. Similar phenomenon was witnessed in Lisbon in the summer of 1783 but due this time to the Icelandic Lakífgigar volcanic eruption (point 5). In point 8 the traditional religious view of the earthquake is confronted with the emerging Enlightenment views while point 9 contains the conclusions.

2. The Overseas Effects of the Seaquake: Tsunami and Seiches [2]

The effects of the Lisbon 1755 earthquake (fig. 1) were felt in North Africa and in a larger part of Europe but mainly on the Iberian Peninsula. However, light tremors were also witnessed in France, Switzerland, Italy and even in the Low Countries.

Compilation works — but without referring to contemporary sources — describe the effects of the Lisbon 1755 earthquake in the Low Countries as follows: “It was heard about some tremors at Spa and in other sites of the country of Liege but without the sad effects that occurred in Spain, and in Portugal” (Anonymous 1756b, p. 34). “In the Rhenish provinces and in the Principality of



Fig. 1. — Representation of the Lisbon 1755 sea/earthquake (HALLER 1756).

Liege, the vibration of soil persisted several days; many buildings were cracked there or even ruined entirely, and several inhabitants were there victims, some of these accidents, others of their fright. In Belgium, the Marlagne, the Ardennes and the vicinity of Namur felt the effects of this crisis, without suffering however considerable damages” (TORFS 1862, pp. 158-159; LANCASTER 1901, p. 208).

Jan de Boer noted in his “Vervolg der Chronologische Historie van a° 1753, 1754, en 1755” the following about the earthquake in Amsterdam: “On land little was perceived here of the earthquake. [...] But in the White Friar’s church, as it was All-Saints, the chandelier hanging in the middle of the church, was seen moving vigorously, without being touched, and also without somebody knew the cause of the movement” (in de Boer, *Vervolg der Chronologische historie...*, pp. 437-438).

The Lisbon 1755 tsunami affected three continents: Europe, Africa and America. A brief selection of contemporaneous sources dealing with the effects of the tsunami in Africa, the Atlantic Ocean and America is given to illustrate the large geographical covering of the phenomenon.

At first, a few examples dealing with the Low Countries show the possible effects in our region. Few people knew the word before Christmas 2004 and even less were aware of its potential danger on our coast, our rivers and harbours.

WILLEMS *et al.* (2004) asked the question if tsunamis are possible in the North Sea.

At the time of the big earthquake in Lisbon, November 1, 1755, toward the ten hours in the morning, one has observed in Nieuport [Flanders], by a very quiet time, an unusual movement and an extreme agitation in the waters of the sea: the tide was extraordinarily high, to the point to arrive until the gates of the city; what gives 5 or 6 feet more than the highest tides of the high waters unaffected by the wind. Everybody ran to the port, astonished of this phenomenon of which one could not then guess the reason (MANN 1783, pp. 140-141).

The tsunami in the Mediterranean Sea was probably damped; however, its effects were felt in Cagliari (Sardinia) and in Corsica (*Amsterdamse Dingsdaegse Courant*, 9 December 1755). It is more difficult to provide information from more remote areas due to the limited available historical sources in the 18th century. However, it is known that the tsunami struck Morocco, Madeira, the Azores, the Antilles and even Newfoundland. A mention dealing with the eastern coast of the U.S.A. seems to relate to the Cape Ann, November 18, 1755, earthquake in New England. Since effects were observed in Newfoundland and in the Caribbean, it is most likely that the eastern coast of the U.S.A. and the coast of Brazil were also affected by the Lisbon 1755 tsunami.

A letter of General Fowke, Governor of Gibraltar, describes the effects of the tsunami in Barbary [3] that were received at Gibraltar on 1st January 1756.

In Tanger, the sea came up to the very walls, a thing never seen before, and went down directly with the same rapidity as it came up, as far as the place where the large vessels anchor in the bay, leaving upon the mole a great quantity of sand and fish. These commotions of the sea were reported eighteen times, and continued till six in the evening, though not with such violence as at the first time. [...] At Arzilah, at the coming up of the sea seven Moors, who were out of the town walls, were drowned; and the waters came in through one of the city gates very far. The water came up with such an impetuosity, that it lifted up a vessel in the bay, which, at the water's falling down to its center again, fell down with such a force on the land, that it was broken to pieces; and a boat was found at the distance of two musket-shots within land from the sea. [...] At Salé, the waters came up with such a rapidity, that they came into the city, and at their falling down, great quantities of fish were found in the streets, and many persons were drowned: two ferry-boats upset in the river [Bou Regreg], and all the people on board were drowned; and a large number of camels that were just then going for Morocco, were carried away by the waters. [...] At Safi, the sea came up as far as the great mosque, which is within the city, and at great distance from the sea (*Philosophical Transactions*, 1756, Letter XVI, pp. 428-432).

Thomas Heberden described the effects of the tsunami at Funchal, Madeira:

About an hour and half after the shock had ceased, the sea, which was quite calm (it being a fine day and no wind stirring) was observed to retire suddenly some paces, and, arising with a great swell, without the least noise, as suddenly advancing, overflowed the shore, and entered the city. It arose full fifteen feet perpendicular

above high water mark, although the tide, which ebbs and flows here seven feet, was then at half ebb. The water immediately receded again, and, after having fluctuated four or five times between high water and low water mark, the undulations continually decreasing (not unlike the vibrations of a pendulum) it subsided, and the sea remained calm as before the phenomenon had appeared. [...] In the northern part of this island the inundation has been more violent, the sea there retiring at first above a hundred paces, and suddenly returning, overflowed the shore, destroying or damaging several houses and cottages, forcing open doors, and breaking down the walls of several stores or magazines, and carrying away in its recess a considerable quantity of grain, etc. [...] as the fluctuation and swell was much greater here in Funchal than it had been further to the westward where in some places it has been hardly, if at all, perceptible (*Philosophical Transactions*, 1756, Letter XVII, pp. 432-434).

Mr Charles Chambers, also at Madeira, wrote to his father in similar words on the tsunami effects in Madeira (*Philosophical Transactions*, 1756, Letter XVII, pp. 435-436).

Mr Mathias Pires wrote on 9th November 1755 from Angra [do Heroísmo], capital of the island of Terceira, Azores: "The day of the last Judgment approaches, I believe, for these Isles. There were felt here since three weeks three earthquakes stronger than any of those that ever arrived. As I never felt any in my life, I believed to touch my last hour, and I was almost persuaded the day of All Saints' Day of it, where the sea overflowed itself, although it was not agitated by any bad weather, and that it was even though calm, than it seemed like a river, it took away boats and houses of this town [...]" (*Journal Œconomique*, 1756).

Captain AFFLECK (1757) of the Advice Man of War wrote on the tsunami in the Antilles: "The tide rose here twelve feet perpendicular several times, and returned almost immediately: the same at Barbados. At Martinique, and most of the French islands, it overflowed the low land, and returned quickly to its former boundaries. In Martinique, in that remarkable flux and reflux of the sea, it was in some places dry for a mile; and in others, flowed into the upper rooms of the houses, and destroyed much coffee: At the island of Saba, it flowed twenty-one feet; at St. Martin's a sloop that rode at anchor in fifteen feet water, was laid dry on her broadside".

At Bonavista, one of the few places in Newfoundland with a fishing presence during the time of the year, the local settlers watched in shock as the tidal wave was approaching their area. Rev. Philip Tocque, in "Wandering Thoughts", wrote about the event: "The sea retired and left the bed of the harbour dry for a space of ten minutes, when it again flowed in and rose to an unusual height, overflowing several meadows for about the same space of time as it had retired [...] the waters on each side of the cape were greatly agitated" (WHIFFEN 1998).

In his manuscript, Jan de Boer described the movement of the water in the harbour of Amsterdam as follows: "This morning, a quarter to eleven, we have had here an earthquake which was felt more in the water than on the land. In the Singel, the movement of the water was so great and strong that the ropes with

which the ships were moored up were torn off. The same ropes, no matter how strong they were, broke off as if they were thin silk treads and the ships were thrown by the wild water against the banks or embankments so that in the middle of the canal the bottom was shown. It happened so in several other canals and waters in and around this town”.

3. The Weather Conditions at Lisbon

In this section, in line with the 18th century's natural scientists, the weather conditions extracted from contemporaneous writings before and on the day of the earthquake are given. At first, descriptions of clear and nice weather are given.

3.1. “UNDER A CLEAR SKY AND SERENE WEATHER”

The general weather conditions at the moment of the fatal earthquake were given by MOREIRA DE MENDONÇA (1758): “Saturday, first of November, and the twenty-eighth lunar day, at dawn it was a calm day, [...] a little after nine hours and a half of the morning, the barometer being at 27 inches and seven lines, and the thermometer of Réaumur at 14 degrees above zero, blowing a light wind of the Northeast, the earth began to tremble with a pulsation from the centre to the surface, and increasing the impulse, it continued to shake forming a swinging move from North to South”.

Richard Wolfall, a surgeon in Lisbon, wrote: “Since the beginning of the year 1750, we have had much less rain than has ever been known in the memory of man, excepting the last spring, which gave such a supply of rain, as has produced very plentiful crops: the summer has been cooler than usual, and for the last forty days, fine weather, without being remarkably so” (*Philosophical Transactions*, 1756, Letter II, pp. 402-407).

João Mendes Saccheti, a Portuguese physician, wrote from the fields of Lisbon: “This year has been with us very rainy and wet, the three preceding ones excessively dry, insomuch that some springs, formerly plentiful of water, were dried, and totally lost; at the same time the predominant winds were east and north-east, accompanied with various, though very small, motions or tremblings of the earth, and, in the year 1750, we had a very sensible one” (*Philosophical Transactions*, 1756, Letter IV, pp. 409-411).

Most letters from Lisbon or from other places in Portugal and Spain report only the beautiful weather conditions the day of the fatal earthquake. Mr Plummer, a merchant in London, reported from Oporto that: “during the time of the earthquake, and indeed preceding it, was heard a hollow dreadful noise, but I did not observe any disagreeable smell, or alteration in the air, the sky being serene as usual, and the after-part of the day without a breath of air” (*Philosophical Transactions*, 1756, pp. 419-420).

Another author wrote similarly: "The day broke with a clear sky over this immense town ... on the 1st of November" (Anonymous 1756). Rev. Charles Davy (1722-1797) witnessed the earthquake as follows: "There was never a finer morning than the 1st of November; the sun shone out in its full luster; the whole face of the sky was perfectly serene and clear; and not the least signal of warning of the approaching event ..." (TAPPAN 1914).

Judith Nozes (1987) published ten or so British eye-witness accounts, mostly by merchants, of the Lisbon earthquake. The calm weather just before the fatal earthquake is mentioned on several occasions. "There I was sitting on the first Day of the present Month, about Ten of the Clock in the Morning, (the Weather being serene, and the Sky without a cloud in it), when I felt the House begin gently to shake, ..."

"About Ten O'Clock, after Breakfast, the 1st of November, All-Saint's Day, [...] A calm fine Morning; suddenly we found the House shake, and a great Noise like a Coach and Six driving by ..."

Thomas Heberden (1703-1769), an English physician, wrote from Funchal in Madeira: "The season of the year has been more than ordinarily dry; the rains, which generally begin to fall the beginning of October, not having set in as yet (Nov. 10). The weather for some weeks preceding the earthquake has been very fine and clear, but the day previous thereto (October 31), was very remarkably fair and serene, as was the former part of the day on which it happened: but the afternoon was very dull and dark, the sky being entirely overcast with heavy black clouds: the subsequent day was very fair" (*Philosophical Transactions*, 1756, Letter XVII, pp. 432-434).

Mr Benjamin Bewich, merchant at Cadiz, reported: "The day of the earthquake the weather was clear and serene as the finest summer-day in England" (*Philosophical Transactions*, 1756, Letter XIV, pp. 425-427). Don Antonio d'Ulloa wrote from Cadiz: "The earthquake happened in very fine weather ..." (*Philosophical Transactions*, 1756, Letter XV, pp. 427-428).

At Cadiz, the weather conditions were as follows: "In the morning of the 1st November 1755, the horizon was clear and the sky without clouds. The wind not much considerable was at northwest, and remained there, not without one noticed anything else than a heat that wasn't exactly of the season. But as it wasn't very sensitive, one didn't pay too much attention" (Recueil Fontanieu, pp. 366-371).

RAPIN (1757) continued his description by the account of Gaudin, academician and mathematician at Cadiz, of what had happened in that town: "On the 1st November at sunrise, the weather was clear and calm, with a moderate north-west wind. One noticed small clouds in the north. The atmosphere was in a good equilibrium though the height of the mercury in the barometer was at 28 'degrees' and 3 inches, and of an irregular behaviour, what could be observed by the 11 1/2 degrees of a thermometer exposed outside while another one inside and well regulated showed 15 degrees at the same time". Rapin explained in a

footnote that these clouds at Cadiz denote the fog that prevailed at Lisbon (at a distance of several hundreds kilometers!).

3.2. DESCRIPTIONS OF THE FOG AND OTHER LUMINOUS AND OPTICAL PHENOMENA

João Mendes Saccheti continued his description as follows: "The day before the fatal earthquake the atmosphere, and light of the sun, had the appearance of clouds and notable offuscation, and more strong and visible at the actual time of the great shock, which was by undulation, and lasted from six to eight minutes. The weather was rather warmer than commonly we have it at this time of the year, and had continued so for several days before. In all this time were predominant the east and north-east winds. [...] The earth opened in fissures in several parts, but neither fire nor visible smoke came out of it" (*Philosophical Transactions*, 1756, Letter IV, pp. 409-411).

Stoqueler, Consul of Hamburg, made the following observations at Colares, a town about twenty miles from Lisbon:

The 31st of October the weather was clear, and uncommonly warm for the season; the wind north, from which quarter about four o'clock in the afternoon, there arose a fog, which came from the sea, and covered the valleys; a thing very common in the summer, but rare in this season of the year. Soon after the wind changing to the east, the fog returned to the sea, collecting itself, and becoming the thickest I ever saw. As the fog retired, the sea rose with a prodigious roaring.

The 1st of November, the day broke with a serene sky, the wind continuing at east; but about nine o'clock the sun began to grow dim, and about half an hour after we began to hear a rumbling noise, like that of carriages, which increased to such a degree as to equal the noise of the loudest canon, [...] I observed from one of the hills called the Fojo, near the beach of Adraga, that there issued a great quantity of smoke, very thick, but not very black; which still increased with the fourth shock, and after continued to issue in a greater or lesser degree. Just as we heard the subterraneous rumblings, we observed it would burst forth at the Fojo; for the quantity of smoke was always proportioned to the subterraneous noise. This I saw continue till the noon of the 2nd of November; when I retired from the place where I had observed it. It continued to smoke some days longer, more or less, according to the subterraneous rumblings. [...]

The 20th in the afternoon, being on the former spot, I saw a small fog coming from the sea (from the same quarter whence the smoke appeared), which smelt of sulphur; and the wind returning to the east, the fog retired to the sea; and in the morning of the 21st, about nine o'clock, we felt two shocks of an earthquake sufficiently violent, but no more smoke was seen. [...] I went to examine the place, from whence I saw the smoke arise, but I did not discover from whence it could have issued; nor did I find any signs of fire near the place: from whence I infer, either that the smoke exhaled from some eruption or volcano in the sea, which the waters covered, or that, if it issued from some chasm in the land, it closed afterwards (*Philosophical Transactions*, 1756, Letter VI, pp. 413-418).

Stoquelet rather inclined to the former opinion because of the movements of the waters. He observed the same prognostic in the afternoon of the 24th November but the fog was not so thick and no earthquake occurred in the following days.

A letter, dated 19 November 1755, from a merchant of Lisbon to his correspondent at Paris states that: "The air there had seemed heavy with a reddish and unhealthy fog at sunrise and at sunset in the last days of October. At the eve of All-Saints, one noticed some light tremors that were forerunners of the shock that was felt the day afterwards at 10 o'clock in the morning" (Recueil Fontanieu, pp. 341-348).

A series of thirty-three letters from members of the German merchant community at Lisbon dealing with their experiences and doings on the fatal day of the earthquake and afterwards were collected and printed in the *Hannoverisches Magazin* between August 9 and September 27, 1779. This late publication shows the deep impact that the earthquake still had more than twenty years after the event. One of the letters dated "In Campo, 1st November 1755" tells the story of the earthquake and explicitly mentions the stinking fog earlier in the morning: "[...] it was a quite clear day which I didn't expect this morning by 6 and 7 o'clock as by that time there was a really thick stinking fog, and I was already worried, as I got up, that we would have cold and wet weather during our agreed ride, but around 8 o'clock it cleared up and it became a real pleasant weather, and the sun shined so hot as she can only shine in the summer".

RAPIN (1757) witnessed the calamities at Lisbon. He published a book in Liège, capital of the Prince-Bishopric of Liège, expressing his ideas on the nature of the earthquakes, his personal account of the event and also a relation on what occurred in Cadiz. The weather on the fatal day is described as follows: "On the 1st November, All Saints Day, at sunrise a thick fog dominated over the whole town, and apparently over all surroundings, but as the very scorching rays of the sun dispersed it, the air seemed to evaporate, and a great many persons complained and one could only breathe with great difficulty, of a kind of exhaustion in which they were dozing despite themselves. The sea seemed itself moved by the great calm that reigned at that moment what seemed all the more so extraordinary to the sailors as they were used to see, especially at daybreak, a land wind that usually favoured the entry or exit of the harbour to the vessels".

Thomas Jacomb, a merchant, mentioned that: "On the 11th November 1755, several accounts of Eruptions in the Earth especially at Sintra near the Rock where much Flames and Sulphur were seen to evaporate" (MACAULAY 1946). LOPEZ DE AMEZUA (1756) described the weather at Madrid as follows: "The first of November, at daybreak, the same [north-west] wind still reigned, although with less violence. The sky was enough clear; the sun was only disturbed by a few clouds which, not covering it entirely, made its light from time to time a little bit pale".

Fiery red sunrises and sunsets were reported in various parts of Europe and over the Atlantic from November 1755 to January or February 1756. In Cornwall,

England, on 1 November 1755 the sky full of fiery red clouds, in the afternoon becoming “a very odd coppery colour in places”. Flame-coloured glow was noticed till 2 ½ hours after sunset in western Ireland on 1st November 1755 (LAMB 1970). Several optical phenomena indicative of large volcanic eruptions were seen in the Iberian Peninsula (MONTBEILLARD 1761).

MOREIRA DE MENDONCA (1758, p. 237) wrote in his famous memoir on earthquakes: “In several areas was seen a vapor, like thick smoke, that rose out of the ground and caused a great shortness in the light of the Sun, and the Moon. On the eve of the day of the earthquake around five o'clock in the afternoon, I saw, with great fright from under the portal of the Church of Our Lady of Graces, this town covered by a kind of dark yellow fog that caused me some surprise for its thickness and colour”.

The *Gazeta de Lisboa* of February 5th, 1756, wrote: “Alanquer [Portugal] 11th February. On the first day of last year's month of November, by nine and a half o'clock in the morning, blowing an almost insensitive wind from North-east, and the horizon of this Village being clear from clouds, the atmosphere was suddenly occupied by a tenuous and futile vapour, that made the Sun appear pale, and it was perceived an uncommon heat, in the present season”.

MOREIRA *et al.* (1993) mentioned further “unusual gas exhalations (a kind of fog)” at Alcalá, Spain, several days before the earthquake (WOERLE 1900). In the inquiry ordered by the Marquis de Pombal after the catastrophe sulphur or sulphurous gases were mentioned in the district of Aveiro (COSTA 1956, RUNA & MORAIS FREIRE 1987, MOREIRA *et al.* 1993):

[...] although some that were warned by the first revolution of the trembling say that they felt a sulphurous respiration, or mineral but as there is no greater evidence that justifies the news, nothing more is added to the story (*Freguesia de Nossa Senhora da Apresentação*).

This memorable day showed up in the serenity of time that for sure did not allow to anticipate the unfortunate events that happened, since this very same quietness has deceived almost everybody; all of a sudden, from 9 to 10 o'clock in the morning the air thickened with a color never seen as it did neither imitate at all shadow, nor by being morbid, it was heard from the North... (*Freguesia de S. Miguel*).

[...] the Lamps were in a continuous movement and all was making such formidable spectacle that each one was thinking about the end of his life: it was felt a fetidness of sulphur; however by the infinite goodness of the Lord none of our houses fell, ... (*Concelho de Vagos, Freguesia de Covão do Lobo*).

Similarly, in the aftermath of the 1755 earthquake, King Fernando VI of Spain ordered an enquiry to know the damages due to that earthquake. A large part of the information in Galicia came from the southern part of the region, this is the area adjacent to Portugal. In the Provincial Archive of Orense, Galicia, the information from the jurisdiction of Celanova (Orense) contains the following (fig. 2): “During and after the trembling it was perceived the Atmosphere be covered by a dense vapour as a thick smoke, that obscured — the sky being clear and without

clouds — as if it was an almost total eclipse, the Light from the sun leaving its rays well scarce, and its Light pale. Those vapours still remain today as a smoky fog that at a certain distance hide or obscure the objects even if they are big enough, certain signal that the earth vomits by its pores and mouths the malign smells of the subterranean exhalations that cause so many movements in its fetid body, as after the big earthquake it were observed ten or twelve momentaneous...” (11-XI-1755).

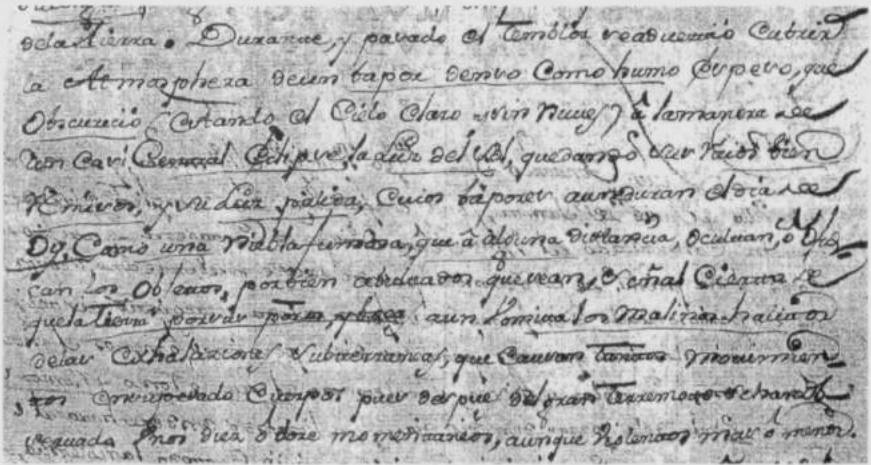


Fig. 2. — Detail of the text from the Provincial historical Archive of Orense, Galicia, mentioning the thick fog that obscured the light of the sun.

More difficult to be related to the Katla volcanic eruption is the snowfall that was mentioned in the same enquiry in three villages of the Orense Province (South of Galicia): “... the night of the day (18th October 1755) with the occasion of falling a copious snow...” (*Jurisdicción de Viana do Bolo*, 11-XII-1755), “Only if, more or less fifteen days before the mentioned earthquake it fell so much snow in this Valley and its surroundings, that ruined the most part of trees, ...” (*Jurisdicción de Conso y sus cotos*, 12-XII-1755), “... Sunday (20th of October) in which the most part of the fructiferous and no fructiferous trees awoke without branches in the whole of this country, of which resulted a very considerable ruin with little snow that was seen on that day of twenty October” (*Villa de Orrios y su Jurisdicción y Partido de Souto Vermud*, 5-XII-1755). It is questioned if this snowfall late October is an exceptional phenomenon or related to disturbances in the atmospheric circulation patterns due to the large amount of tephra in the atmosphere. Is it comparable to the remarkable frost observed in England (CULLUM 1784) on June 23, 1783, a few days after the Lakagígar eruption?

4. Earthquakes, Volcano Eruption in Iceland and Tephra Fallout in October 1755

Katla volcano, located near the southern end of Iceland's eastern volcanic zone, is hidden beneath the 200-700 m thick Mýrdalsjökull ice cap that fills a caldera of about 70 km³. It erupted in historical times, on average, twice a century producing damaging glacier-outburst floods, or jökullhlaups, whose peak volumes can be compared with the River Amazon.

On September 10, 1755, heavy earthquakes started to occur in northern Iceland, but most violently near Húsavík and on the island Flatey (THORODDSEN 1925). What follows is taken from the account of several natural scientists who witnessed the earthquakes at the farm Höfði in Skágafjarðarsýsla in northern Iceland (Anonymous 1758). The first shock was noticed at 8 o'clock in the morning as a relatively strong movement of the ground. It was moving five or six times at either side, but without damage. At 9 o'clock another movement occurred much more intense than the previous one and also all later ones. Much noise was also heard. The earthquakes lasted for six days. Before the beginning of these earthquakes there were about fourteen days of fair weather without much wind, which is very unusual at that time of the year. This may in a certain way agree with what the old people in Iceland unanimously tell and take for truth, that earthquakes always have brought "thick" air and mild and fair weather.

The earthquake had its largest effect on the uttermost headlands rather than on the mountains that are situated inland of Iceland. From this the natural scientists concluded that the earthquake's epicentre was situated at sea. They further believed that the earthquakes were connected to the Katla volcanic eruption that was to come.

Katla erupted on 17 October 1755. It started with incessant earthquakes before noon. An enormous *jökullhlaup* started in the evening and lasted all night. The southeastern part of the Mýrdalssandur outwash plain was flooded. This time, the *jökullhlaup* seemed to be more devastating than previous ones in 1625, 1660 and 1721. The *Annals of the Katla eruptions* mention that farms were destroyed due to flooding, tephra fallout, sand and pumice stones. Both grass and bush disappeared under ash which led to the abandonment of about fifty farms, and all farms in the western Skaftafellssýsla County were heavily damaged. In the vicinity of the volcano the thickness was four to six feet deep in cavities in the gardens whereas in the farthest areas from the volcano it varied from one or two feet on flat surfaces.

On October 18, 1755, the earth was like stunned and the sky full of clouds and fog so that one could not see the mountains but lightnings flashing through darkness accompanied by frequent roaring, bangs and earthquakes but not as strong as on the first day. The eruption produced much ash that was brought over most of the country, and brought also over a long distance at sea. The lack of visibility was vividly described as follows: "Smoke, sand and ash that

the mountain throws out fill the air in such a way that the sun's rays and the daylight could not penetrate. Three Danish miles away from the mountain, when there was no wind on the 22nd and 23rd October, it was never more than half illuminated, and on the 24th one had to light the houses from 2 o'clock in the afternoon. Where it was windy, the ash and the sand fell down in streams like the most intense rain, and caused such a darkness that people who went together in the fields were not able to see each other, and had to take hands of each other for not getting separated. [...] At some places the darkness was told to have been lasting for 8 days. The strong wind in the mountains had already spread a layer of as far as Múlasýsla, 50 Danish miles away, so that travellers could not find the road and had to wait, and in the houses at midday they could not see the smallest daylight".

A letter, dated Edinburgh, 10 Feb. 1756, mentioning black dust came from a passenger on board of the ship belonging to Mr David Loch, merchant in Leich, and bound for Charlestown in South Carolina: "We are informed, that upon the night of the 23rd or 24th of October last, when the weather was quite calm, a shower of dust fell upon the decks, tops and sails of the ship, so that next morning they were covered thick with it. The ship at this time was betwixt Shetland and Iceland, about 25 leagues distant from the former, and which was the nearest land. The shower was probably owing to the great eruption, which happened to the mountain Hecla in Iceland, in October" (WHYTT 1757).

Tephra fallout was noticed on the Shetland Islands as was reported by a letter dated Pall-Mall, June 9th, 1757: "[...]; only on Monday the 20th October last, betwixt the hours three and four in the afternoon, the sky being very hazy, as it uses to be before a storm of thunder and lightning, there fell a black dust over all the country, tho' in greater quantities in some places than in others. It was very much like lampblack; but smelled strongly of sulphur. People in the fields had their faces, hands, and linen, blackened by it. It was followed by rain. Some people assign the cause of it to some extraordinary eruption of Hecla. Several other persons of credit and reputation had seen and observed the same phænomenon in different parts of the country at the time above-mentioned" (MITCHELL 1758). The wind direction at the time of the black dust was from the SW.

Another source of tephra fallout came from the captain of a ship travelling in the second half of October 1755 from Husavik in northern Iceland to Europe (most probably Copenhagen): "After reliable reports, one has not perceived anything of this earthquake on the southerly coast of Iceland. However, a sailor whom with a Company ship, has arrived here from the above-mentioned Husewig district, has brought a kind of earth dust or sand that on his inward travel on the 26th October, fell on his ship in quiet weather, in the area of the Faeroes. One believes therefore, that maybe the fire-breaching mountain Hekla, on the island Iceland, got a new outbreak" (J.H.R. 1756, p. 47).

5. Historical Black Clouds and Dry Fogs

During historic times European and Icelandic volcanoes erupted large volumes of ash, some of its appearances were noticed all over Europe and are known as “Dry Fogs”. Dry fogs could have the appearance of dark black clouds providing a most dreadful impression (VON HOFF 1840-41). It was quite evident that the appearance of such a cloud was interpreted as an omen of the worst.

An example is the Etna eruption of 44 BC known from the classical authors and contemporaneous to the murdering of Julius Caesar. Mestrius Plutarchus (c. 46-127), better known in English as Plutarch, wrote in his “Life of Julius Caesar”, 69, 3-4: “[...] and the dimness of the sun, whose orb continued pale and dull for the whole of that year, never showing its ordinary radiance at its rising, and giving but a weak and feeble heat”.

The best-known example of a dry fog episode is given by the Lakagíggar eruption of the year 1783 (GRATTAN & BRAYSHAY 1995, STOTHERS 1996, DEMAREE *et al.* 1998, DEMAREE & OGILVIE 2001, PISEK & BRAZDIL 2006). Around Midmorn on Whitsun, June 8th of 1783, in clear and calm weather, a black haze of sand appeared in the Sida area of southern Iceland. The Lakagíggar, the Laki fissure or also named the *Skaftáreldar* or Skaftá Fires, volcano eruption had begun. Soon after, a haze was spun out like a veil over much of the Northern Hemisphere, persisting for periods up to three months and more. This phenomenon was also witnessed at Lisbon as it is shown in the following lines.

Jacob Crisóstomo PRETORIUS (1785), an early Portuguese meteorologist, reported: “But what makes this year [1783] more remarkable among many passed, was the misty summer weather. Since 22 June till 6 July it occurred during 14 days a permanent fog, day and night, and for a short time after since 12 July till 20 it happened all the same for an 8 days interval: and what is still more to retain, the same foggy weather reigned in the most part of our Boreal Hemisphere. Despite this continuous mist, and some fogs, the whole Summer was very dry: it can be said extraordinary that for a period of 70 days, since 19 June till 27 August it did not rain, apart that small humidity of the mentioned fogs: although this lack of rain was afterwards compensated, ...”. However, Pretorius did not make any relation to similar occurrences on the occasion of the Lisbon earthquake of November 1755.

As the Lisbon earthquake occurred soon after the large Katla volcanic eruption in Iceland on October 17, 1755, and tephra fallout was demonstrated on the Shetlands and over the Atlantic Ocean, it was suggestive to search for descriptions similar to Pretorius’ observations.

6. Earlier Tremors, Tsunami and Seiches

Apparently, several contemporaneous authors mentioned earlier tremors the day before the fatal earthquake. Similar conclusions might be drawn from the

unusual state of the River Tagus in the early morning of All Saint's Day. It might be hypothesized that this unusual state of the river is due to seiches caused by these tremors that were hardly felt by the Lisbon people.

He also said that the Tagus has had a considerable rise in the water level that had preceded the earthquake, ... (Recueil Fontanieu, p. 351).

Yesterday, first day of November, at about nine o'clock in the morning, one came to tell me that the Tagus, prodigiously swollen, attracted the attention of a great number of people. The one that brought me this news, didn't have the time to speak, when I felt the wooden floor of my room tremble under my feet (Anonymous, s.l.n.d.).

LOPEZ DE AMEZUA (1756) noted at Madrid: "In the night of the last day of October, a horrible wind blew from the north-west. Religious figures and some individuals [...] assured that they felt some tremors at midnight".

MOREIRA DE MENDONCA (1758, p. 237) wrote: "In the same night, the sea was heard in extreme anger, because the weather was very calm. It was felt a hot air with a heat that the season didn't allow. In this short time the signals of great fermentation that was occurring in the interior of the earth, were multiplied".

7. Earthquakes, Exhalations and Volcanoes

Until the late 18th century Aristotle's *Meteorologica* still remained the principal source of meteorology (or what was being considered as meteorology by that time). Indeed all sub-lunar manifestations such as winds, earthquakes, thunder, lightning, exhalations, and even falling stars are considered as "meteors". This term is used in that way here. Vapours, named "exhalations", occur in the lower stratum of the atmosphere which is the region where meteors defined by the action of the air including winds, earthquakes, thunder, lightning, etc. are taking place. Under the earth, subterranean caverns full of inflammable gasses, loaded with sulphurous mixtures, nitrous and bitumous matters, etc. strongly interact and explode causing tremors and quakes. Exhalations venture through the cracks. These exhalations are sometimes witnessed as sulphurous vapours and are described to condense as falling stars in the higher regions (ORTIZ GALLARDO DE VILLARROEL [s.d.], JANKOVIC 2000).

By the beginning of the 18th century, several physicists started to make observations and asked the question "whether there follow not great winds, rains, thunder and lightning after the earthquake is over". For centuries, generations of physicists and meteorologists took this sentence as a working programme. The atmospheric conditions preceding an earthquake could be disputed as it turned out quite naturally, but the question was never abandoned. The latter consequently provided plentiful of weather descriptions (VON HOFF 1840-41), data now treasured by the historical climatologists. It was believed that earthquakes generally

begin with calm weather, and a black cloud. And when the air is clear, just before an earthquake, yet there are often signs of plenty of inflammable sulphurous matter in the air (JANKOVIC 2000).

BONI (1756) dealing with historical and philosophical account of the doleful events of the year 1755 stated that: "The air then cleared from dimness and fogs, and also anticipates earlier the tremblings many times, and we have the example of this in the earthquake fatal to Lisbon and to the rest of Portugal, and so widely spread over Spain, and over a so large part of Europe; ..." All these "meteoric" actors were noted at the Lisbon earthquake, true or not true.

RAPIN (1757) saw the subterraneous fires as the origin of the outbreak of the fires in the destroyed town after the shocks. "One wasn't able to witness, because of the clearness of the day, that by its openings the earth vomited fires which set afire the combustibles of several houses, [...] from where a thick smoke, that could be seen in other places, announced together with the impetuous winds which suddenly arose, the general fire of the whole town". However, most probably, the falling of burning candles or kitchen fires under the churches and houses caused these fires. Indeed, a large part of the population was in the churches and monasteries to celebrate the religious festivities of All Saints' Day. RAPIN (1757) following the scientific theories of his time wrote: "The Earth that had opened itself under the foundations of the houses of the town, vomited at the same time bituminous and sulphurous matters, which catching fire by syncope, in the openings or otherwise the cracks, exhalations evaporated that weakened the strongest hearts".

MOREIRA DE MENDONCA (1758, p. 260) wrote: "Fiery raging winds developed from the many dry exhalations that carried the earth, these are produced by the fire that is in movement indicating sufficiently the proximity of one or the other tremor of the earth". The last words of this treatise are the following: "This signal has ambiguity. It is true that the last earthquake was preceded by strong winds in the previous summer. But what concerns these winds, it is true that since more than one year they were observed as stormy over the whole Kingdom of Portugal and its coasts. These are the signals that were noted by various authors. I have exposed the causes according to my own system".

In Spain, in the neighbourhood of Córdoba, the Spanish correspondant of the *Journal Etranger* noted: "The earth melted in a mountain by Luque, a small neighboring town, and it comes out of this crack a stinking exhalation that makes die the animals" (*Journal Etranger*, 1756).

8. The Traditional Religious Views vs. the Enlightenment

The occurrence of minor earthquakes that struck London in February and March 1750 left a terrorizing effect on the English population that was by that time considering earthquakes rather as rare and abnormal events (KENDRICK

1957). These earthquakes raised their attention and when, five years later, the Lisbon earthquake took place, it immediately had an immense response in England, the traditional ally of Portugal.

The hypothesis of the wrath of God for the sinful way of living of people was one of the features in the literature that was occasioned by the dreadful Lisbon earthquake. Of course emphasis and views were different according to the authors whether they were Roman Catholics, Anglicans, Lutherans (in the Netherlands). In non-Roman Catholic media the brutal and bloody actions of the Inquisition in Portugal were denounced as one of the factors of the wrath of God.

One of the key players in the debate was without doubt Voltaire (François-Marie Arouet, 1694-1778) who, shortly after the earthquake, wrote his famous poem in which he expressed his deist vision of the world and where God is not seen as much as an actor but rather as a spectator of what happens on this earthy floor. One of the interesting voices was the French Jansenist Laurent-Etienne Rondet (1717-1785) who claimed a justification of the Lisbon earthquake as Portugal being one of the countries where the Jesuits were very welcome. As a matter of fact, the Marquis de Pombal, the dictator who emerged from the earthquake, shut down the Jesuit order in Portugal in 1762. Rondet wrote a two-volume treatise in which he tried to prove with biblical texts that all meteoric appearances could be seen as prognostications.

Rondet dedicated his work with the quotation "He (= The Lord) looks at the earth, and it trembles (Psalm 104: 32)". The movements of the waters were explained as signs that redemption was near: "On the earth, nations will be in anguish and perplexity at the roaring and tossing of the sea (Luke, 21: 25)". According to the Bible, the waters represent the people: "The waters you saw are peoples, multitudes, nations and languages (Revelation 17: 15)", "He turned rivers into a desert, flowing springs into thirsty ground, and fruitful land into a salt waste, because of the wickedness of those who lived there (Psalm 107: 33-34)".

It is clear that the traditional views on the causes of the Lisbon earthquake collided directly with those of the Enlightenment. The Enlightenment scientists were putting more stress on "observation", "scientific evidence" and "change". However, the debate was still influenced by the Aristotelian view on earthquakes and one had to wait until new theories emerged. As a matter of fact, the Lisbon earthquake served as a laboratory for new seismological concepts. Authors like Emmanuel Kant, Elie Bertrand, John Bevis, John Mitchell, and others, soon published on the subject.

9. Conclusions

The Lisbon earthquake of November 1, 1755, is without doubt one of the most important landmarks of the 18th century. Not only was it one of the earthquakes

that has left a very deep impression on the general public in Western Europe by the size of its destructions but also by the blow that the catastrophe caused to the optimism of the Enlightenment philosophy. Immediately, a large number of letters, papers, pamphlets, books dealing with scientific, religious, political, philosophical aspects, or merely of an informative character, were published.

The authors have put together a number of quotations out of these contemporaneous publications of the earthquake related to the “meteoric” observations of the Lisbon earthquake. In these quotations, there is several times mention of the appearance of a dark cloud, smell of sulphur and even of a yellow fog or smoke.

In many cases, these mentions are in line with Aristotle’s *Meteorologica* that was still largely the surviving scientific theory at that time. Another interpretation came from the religious point of view where the appearances dealing with sulphurous events were related to prognostications from the Bible. In this view, the earthquake was often seen as the wrath of God.

All these mentions are rather difficult to interpret and much caution should be given. It is not always clear if the authors write what was consistent with the dominant scientific and philosophical theory of their times or if it corresponds to factual information. However, the authors of the present paper are inclined to accept that part of the information does correspond to facts. As Aristotle’s *Meteorologica* belongs itself completely to the reign of the History of Science, another explanation had to be sought. It is suggested that these observations are related to the Katla volcanic eruption in Iceland of mid-October 1755. Black dust fallout has been reported in the Shetlands and over the Atlantic Ocean by late October 1755. Indeed, the timescale of the process of the injection of large amounts of SO₂ gases into the atmosphere, its conversion into sulphate aerosols and the transport of tropospheric aerosols (having a lifetime of one to three weeks) by the atmospheric circulation patterns is largely consistent with the observations on the Iberian Peninsula.

Furthermore, the quotations are widely consistent with the descriptions of the “Great Dry Fog of 1783” corresponding to the Lakagígar eruption in Iceland (DEMAREE & OGILVIE 2001). Of course, the synoptic weather patterns in the second part of October 1755 could provide valuable additional information to strengthen this hypothesis. Unfortunately, the State-of-the Art Sea Level Pressure field reconstructions for the mid-18th century remain monthly (LUTERBACHER *et al.* 2002) and therefore it is not yet possible to demonstrate the full picture of the daily circulation patterns.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors express their sincere gratitude to Maria Justina Correia, Instituto de Meteorologia e Geofísica at Lisbon, Maria de Fátima Nunes Ferreira, Universidade de Evora, Ana-Maria Spanoghe, Ghent University, Franca Maria Vacante, Ghent, Magnus Stefansson, Bergen University, Mariano Barriendos Vallvé, Universitat de Barcelona,

Juerg Luterbacher, NCCR Climate, University of Bern, Lina Nordlie, Oslo, Rui Alexandre Pita Perdigão, Royal Meteorological Institute of Belgium, and Thierry Camelbeeck, Royal Observatory of Belgium, for their valuable and precious help in the archival search, translation, editing and reviewing. Thanks are also due to the Historische Drucke at the Staatsbibliothek, Berlin, Biblioteca de la Universidad de Sevilla, Biblioteca nacional de España, Madrid, Universitäts- und Stadtbibliothek Köln, for having provided scans of old printed books.

NOTES

- [1] A tsunami is a large wave on the ocean usually caused by a seaquake, a volcanic eruption, or a coastal landslide. It can travel hundreds of miles at large speeds and cause extensive damage when it encounters land.
- [2] A seiche is a standing wave caused by seismic or atmospheric disturbances in an enclosed or partially enclosed body of water.
- [3] A medieval term for the Maghreb after its Berber inhabitants.

REFERENCES

Manuscript Sources

Archivo Histórico Provincial de Orense, Sección del Archivo Municipal de Orense, Caja n° 291.

DE BOER, J. Vervolg der Chronologische historie van a° 1753, 1754 en 1755, IVde Deel, ms. — Den Haag (Nederland), Koninklijke Bibliotheek.

Recueil Fontanieu. Paris, Bibliothèque Nationale Française [Z Fontanieu 347(15)].

Published Sources

AFFLECK (Capt.) 1757. An Account of the Agitation of the Sea at Antigua, Nov. 1, 1755, by Capt. Affleck of the Advice Man of War. Communicated by Charles Gray, Esq.; F.R.S. in a Letter to William Watson, F.R.S. — *Philosophical Transactions*, **XLIX** (Part II. For the Year 1756): 668-670.

Anonymous [s.l.n.d.]. Lettre d'un officier portugais à un de ses amis à Paris (sur le tremblement de terre de Lisbonne; ainsi datée: du lieu où a existé Lisbonne ce 2 novembre 1755), 15 pp.

Anonymous 1756a. Abrégé succinct d'une infinité de maux lamentables & de dégâts déplorables que la violence & la conjuration des quatre elemens ont fait éprouver à la grande ville & à la cour de Lisbonne, le premier novembre de cette année. — Orléans, traduction littérale de l'imprimé espagnol, 8 pp.

Anonymous 1756b. Degli orrendi tremuoti che ne' mesi di Novembre e Dicembre dell'anno MDCCLV hanno desolato Lisbona ... relazione ... tratta da avvisi pubblici, e lettere particolari ... — Venezia, traduzione dall'Inglese, 72 pp.

Anonymous 1758. Beskrivelse over det, i Island, den 11 Sept. 1755 paakomne Jordskiælv, og den derpaa, den 17de Octobr. samme Aar, fulgte Ilds-Udbrydelse af den forbrænte Bierg-Kløfte Katlegiaa udi Is-Bierget Myrdals-Jøkel; efter de sammesteds

- observerende Studenteres indsendte Beretninger. — *Det Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Skr.*, VII: 185-196.
- BONI, G. 1756. Delle luttuose vicende dell'Anno MDCCLV. Racconto storico, e filosofico con una dissertazione sopra il tremuoto. — Milano, Carlo Ghislandi.
- CULLUM, J. 1784. An account of a remarkable Frost on the 23d of June, 1783. — London, *Philosophical Transactions*, LXXIV (Part II): 416-418.
- [HALLER, A. Frhr. von] 1756. Physikalische Betrachtungen von dem Erdbeben ... wie auch den anderen Natur-Begebenheiten ... am 1. November 1755. Mit 3 grossen Kupfern versehen. — Frankfurt & Leipzig, Brönnner, 216 pp.
- Hannoversches Magazin* 1779. Sammlung authentischer Briefe, welche während und kurz nach dem Erdbeben zu Lissabon in diese unglücklichen Stadt und in der Nähe derselben geschrieben worden. 64tes Stück. Montag, den 9ten August 1779 – 78tes Stück. Montag, den 27ten September 1779, c. 1009 till c. 1246.
- J. H. R. 1756. Gesammlete Nachrichten von dem Erdbeben der Stadt Lissabon und anderer Orte: Nebst einer geistlichen Betrachtung über diese Materie. — Frankfurt & Leipzig, Hrsg. von J.H.R. [i.e. Röhlen], 92 pp.
- Journal Etranger* 1756. Lettre du Correspondant espagnol du *Journal Etranger*, à M. Fréron. Janvier 1756, pp. 209-217.
- Journal Economique ou Mémoires, Notes et Avis...* 1756. Extrait d'une Lettre du Sieur Mathias Pires, Commis de M. Samuel Montaigu, Négociant Anglois établi à Lisbonne, datée d'Angra, Capitale de l'Isle Tercère & des Açores, le 9 de Novembre 1755. Février 1756, pp. 149-150.
- LOPEZ DE AMEZUA, F. 1756. Lettre Philosophique sur le Tremblement de Terre qui s'est fait sentir à Madrid, et dans toute cette Peninsule le premier Novembre 1755. — Paris, *Journal Etranger* (avril 1756): 139-158.
- MANN, M. (Abbé) 1783. Mémoire contenant le précis de l'histoire naturelle des Pays-Bas maritimes. Par M. l'Abbé Mann. Lu à la Séance du 13 Décembre 1775. — Bruxelles, Imprimerie Académique, Mémoires de l'Académie impériale et royale des Sciences et Belles-Lettres de Bruxelles, IV: 121-159.
- MITCHELL, A. 1758. An Account of an Extraordinary Shower of Black Dust, that fell in the Island of Zetland 20th October 1755. In a Letter from Sir Andrew Mitchell of Westshore, Bart. To John Pringle. — *Philosophical Transactions*, L (Part I. For the Year 1757): 297-299.
- MONTBEILLARD, G. (DE) 1761. Liste chronologique des éruptions de Volcans, des tremblements de terre, de quelques faits météorologiques les plus remarquables, des comètes, des maladies pestilentielles, &c. jusqu'en 1760 ... — Paris et Dijon, Tome VI, pp. 488-651.
- MOREIRA DE MENDONÇA, J. J. 1758. Historia universal dos Terremotos, ... Com huma narraçam individual do Terremoto do primeiro de Novembro de 1755 ... E huma dissertaçã phisica Sobre as causas geraes dos Terremotos, seus effeitos, differenças, e Prognosticos; e as particulares do ultimo. — Lisboa.
- ORTIZ GALLARDO DE VILLARROEL, I. [s.d.] Lecciones entretenidas, y curiosas, physico-astrologico-meteorologicas, sobre la generacion, causas, y señales, y varios efectos del sucedido en España en el dia primero de Noviembre del pasado de 1755. — Sevilla, Imprenta Real de la Viuda de D. Diego de Haro, 28 pp.
- PRETORIUS, J. C. 1785. Extracto das observações Meteorologicas feitas em Lisboa nos annos 1783 e 1784 por Jacob Chrysostomo Pretorias, Socio da Academia Real das

- Sciencias. — Lisboa, Oficina Academia Real das Sciencias, Almanach para o anno de MCCCLXXXV, pp. 267-276.
- [RAPIN, G.] 1757. Idées générales et physiques sur la Nature des Tremblemens de Terre, precedées de la Description des Calamités de Lisbonne. Par un Spectateur de ce Désastre avec La Relation exacte de ce qui s'est passé à Cadix le premier 9bre 1755. — Liège, 86 pp.
- RONDET 1756. Réflexions sur le désastre de Lisbonne et sur les autres phénomènes qui ont accompagné ou suivi ce désastre... — En Europe, Aux dépens de la Compagnie (2 vol.).
- WHYTT, R. 1757. An Account of the Earthquake felt at Glasgow and Dumbarton; also of a Shower of Dust falling on a Ship between Shetland and Iceland; in a Letter from Dr. Robert Whytt, Professor of Medicine in the University of Edinburgh, to John Pringle, M.D. F.R.S. — *Philosophical Transactions*, XLIX (Part II. For the Year 1756): 509-511.

Literature

- ALEXANDRE, P. & VOGT, J. 1994. La crise séismique de 1755-1762 en Europe du Nord-Ouest. Les secousses des 26 et 27.12.1755: recensement des matériaux. — In: STUCCHI, M. (Ed.), Historical Investigation of European Earthquakes, Materials of the CEC project Review of Historical Seismicity in Europe, Vol. 2, CNR – Istituto di Ricerca sul Rischio Sismico, pp. 37-75.
- COSTA, E. 1956. O terramoto de 1755 no distrito de Aveiro. — Aveiro, separata do vol. XXII do Arquivo do Distrito de Aveiro, pp. 5-110.
- DEMAREE, G. R. & OGILVIE, A. 2001. *Bons Baisers d'Islande*: Climatic, Environmental and Human Dimensions Impacts of the Lakígígar Eruption (1783-1784) in Iceland. — In: JONES *et al.* (Eds.), History and Climate: Memories of the Future. Kluwer Academic/Plenum Publishers, pp. 219-246.
- DEMAREE, G. R., OGILVIE, A. E. J. & ZHANG, D. 1998. Comment on R.B. Stothers "The Great Dry Fog of 1783" (*Climatic Change*, 32, 1996): Further Documentary Evidence of Northern Hemispheric Coverage of the Great Dry Fog of 1783. — *Climatic Change*, 39: 727-730.
- FORSYTH, P.Y. 1988. In the Wake of Etna, 44 B.C. Classical Antiquity. — *University of California Press*, 7 (1): 49-57.
- GRATTAN, J. & BRAYSHAY, M. 1995. An Amazing and Portentous Summer: Environmental and Social Responses in Britain to the 1783 Eruption of an Iceland Volcano. — *The Geographical Journal*, 161 (2): 125-134.
- JANKOVIC, V. 2000. Reading the skies – A cultural History of English Weather, 1650-1820. — Manchester University Press, 272 pp.
- KENDRICK, T. D. 1957. The Lisbon Earthquake. — Philadelphia & New York, Lippincott Company, 255 pp.
- LAMB, H. H. 1970. Volcanic dust in the atmosphere; with a chronology and assessment of its meteorological significance. — *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 266 (A): 425-533.
- LANCASTER, A. 1901. Les tremblements de terre en Belgique. — Hayez/Bruxelles, Observatoire Royal de Belgique, Annuaire Météorologique, pp. 194-228.

- LUTERBACHER, J., XOPLAKI, E., RICKLI, R., GYALISTRAS, D., SCHMUTZ, C., WANNER, H., DIETRICH, D., JACOBETT, J. & BECK, C. 2002. Reconstruction of Sea Level Pressure fields over the eastern North Atlantic and Europe back to 1500. — *Climate Dynamics*, **18**: 545-561.
- MACAULAY, R. 1946. They went to Portugal. — London, Jonathan Cape, 443 pp.
- MOREIRA, V. S., MARQUES, J. S., CRUZ, J. F. & NUNES, J. C. 1993. Review of the historical seismicity in the Gulf of Cadiz area before the 1 November 1755 earthquake. — In: STUCCHI, M. (Ed.), Historical Investigation of European Earthquakes, Materials of the CEC project Review of Historical Seismicity in Europe, Vol. 1, CNR – Istituto di Ricerca sul Rischio Sismico, pp. 225-235.
- NORDLIE, L. 2006. Sekularisering – og tsunamien i Lisboa 1755. Presentation at the Skjervheimseminar *Religion og modernitet*, 23 Sept. 2006, Voss, Norway (in Norwegian).
- PISEK, J. & BRAZDIL, R. 2006. Responses of large volcanic Eruptions in the instrumental and documentary climatic data over central Europe. — *International Journal of Climatology*, **26**: 439-459.
- RUNA, L. & MORAIS FREIRE, A. G. 1987. The Earthquake of the 1st November 1755 in Portugal. Present Position of the Researches – Transcrições das respostas dos párocos ao inquérito do Marquês de Pombal. O sismo de 1755. — Aveiro, Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, Segundo as respostas dos Párocos das sedes dos concelhos dos districtos de Aveiro.
- STOTHERS, R. B. 1996. The great dry fog of 1783. — *Climatic Change*, **32**: 79-89.
- TAPPAN, E. M. (Ed.) 1914. The World's Story: A History of the World in Story, Song and Art (Vol. V). — Boston, Houghton Mifflin, pp. 618-628.
- THORODDSEN, T. 1925. Die Geschichte der Isländischen Vulkane (nach einem hinterlassenen Manuskript). — Kobenhavn, Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Skrifter, Naturvidensk. og Mathem. Afd. 8. Rekke IX.
- TORFS, L. 1862. Fastes des calamités publiques survenues dans les Pays-Bas et particulièrement en Belgique, depuis les temps les plus reculés jusqu'à nos jours. Tome II: Hivers – Tremblements de Terre. — Paris/Tournai, Casterman, 405 pp.
- VON HOFF, K. E. A. 1840-41. Geschichte der durch Überlieferung nachgewiesenen natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche. I. Theil: Vom Jahre 3460 vor, bis 1759 unserer Zeitrechnung. IV. Theil: Chronik der Erdbeben und Vulcan-Ausbrüche. Mit vorausgehender Abhandlung über die Natur dieser Erscheinungen. — Gotha, J. Perthes.
- WILLEMS, M., MOSTAERT, F., DE MULDER, T., SCHRAMKOWSKI, G., MEES, J. & BAETEMAN, C. 2004. Tsunami's in de Noordzee: kan het? — *De Grote Rede*, **12**: 2-10.
- WHIFFEN, B. 1998. The series of three tidal waves which recently struck a remote area. — <http://ca.geocities.com/bwhiffen@nl.rogers.com/articles/TidalWave.htm>
- WOERLE, H. 1900. Der Erschütterungsbezirk des grossen Erdbebens zu Lissabon. Ein Beitrag zur Geschichte der Erdbeben von Hans Woerle. — St. München, Theodor Ackermann, *Münchener Geographische Studien*, **8**, 148 pp.

Phoenix [1]* Rising in an Uncertain World — New Mining Activities in Katanga**

by

Pierre GOOSSENS***

KEYWORDS. — Congo; Copper; Cobalt; Production; Mining Economy.

SUMMARY. — The Katangan copper-cobalt Lufilian belt is one of the richest ore-bearing arcs in the world. From the beginning of mining activities until 2003, it is estimated that 18 million tons of copper metal and 500,000 tons of cobalt were produced, to which must be added 3.6 million tons of zinc and 280,000 tons of germanium.

The remaining identified resources are estimated at 60 million tons of copper, 5.1 million tons of cobalt, 6 million tons of zinc and 100,000 tons of germanium. Katanga ranks second after Chile in worldwide copper resources and first in the cobalt resource ranking.

In 2006, it is estimated that a total of 263,000 tons of copper and 22,750 tons of cobalt were produced. By 2010, production will reach some 600,000 tons of copper and 50,000 tons of cobalt.

MOTS-CLES. — Congo; Cuivre; Cobalt; Production; Economie minière.

RESUME. — *Phénix dans un monde incertain — nouvelles activités minières au Katanga.* — La province lufilienne du Katanga est une des plus riches régions en cuivre et cobalt au monde. Depuis le début des activités minières jusqu'en 2003, la production est estimée à 18 millions de tonnes de cuivre métal et 500 000 tonnes de cobalt, auxquelles viennent s'ajouter 3,6 millions de tonnes de zinc et 280 000 tonnes de germanium.

Les ressources restantes identifiées sont estimées à 60 millions de tonnes de cuivre, 5,1 millions de tonnes de cobalt, 6 millions de tonnes de zinc et 100 000 tonnes de germanium. Le Katanga se classe en seconde position après le Chili pour les ressources en cuivre au niveau mondial et arrive en tête pour les ressources en cobalt.

En 2006, on a estimé qu'un total de 263 000 tonnes de cuivre et 22 750 tonnes de cobalt ont été produites. Il est prévu une production totale, en 2010, de 600 000 tonnes de cuivre et de 50 000 tonnes de cobalt

TREFWOORDEN. — Congo; Koper; Kobalt; Productie; Mijnbouweconomie.

SAMENVATTING. — *Feniks in een onzekere wereld — nieuwe mijnbouwactiviteiten in Katanga.* — De Lufili-streek in Katanga is een van de rijkste gebieden van de wereld wat

* Numbers in brackets [] refer to the notes p. 385.

** Paper presented at the meeting of the Section of Technical Sciences held on 24 May 2007. Text received on 29 May 2007.

*** Member of the Academy, pres.-dir. gen. Bureau of Geological Consultancy (BUGECO), rue de la Station 150/8, B-1410 Waterloo (Belgium).

koper en kobalt betreft. Sedert het begin van de mijnbouwactiviteiten tot 2003 werden 18 miljoen ton koper, 500 000 ton kobalt, 3,6 miljoen ton zink en 280 000 ton germanium geproduceerd.

De vastgestelde voorraden in de ondergrond worden geschat op 60 miljoen ton koper, 5,1 miljoen ton kobalt, 6 miljoen ton zink en 100 000 ton germanium. Op wereldvlak bezet de Katangese provincie de tweede plaats na Chili, terwijl de kobaltvoorraden de belangrijkste blijven.

In 2006 werd de koperproductie op 263 000 ton geraamd en de kobaltproductie op 22 750 ton. De nieuwe mijnen, die binnenkort hun productie zullen starten, zullen de totale koperproductie op 600 000 ton brengen en de kobaltproductie op 50 000 ton.

1. Introduction

The present paper is focused on quantitative metallogeny and economic and social repercussions of new mining operations in the Katanga Copper Belt. Katanga is also rich in tin and associated metals (niobium and tantalum), in zinc and germanium. Uranium was mined at Shinkolobwe and uneconomic occurrences exist within the copper-cobalt mineralizations. Incidentally the first diamond discovered in the Congo was found in Katanga. Follow-up surveys have however shown that the relevant kimberlite pipes were uneconomic.

It is not the intention of this paper to discuss the geology of Katanga. This work has been well documented by our fellow members Armand François, Jacky Cailteux, Léon Dejonghe, Philippe Muchez and other geologists.

2. History

Rich copper and cobalt deposits have been discovered in Katanga since exploration started a century ago. *Union Minière du Haut Katanga* (UMHK), created in 1906, was granted exclusive rights to exploit the Katanga copper belt concession. Following its nationalization, in 1967, the state-owned company, *Gécamines*, was again given the monopoly to develop and mine the mineral wealth of the Katanga copper belt. The situation remained the same until 2002 when the transition government liberalized the mining industry and a new mining code was adopted by the General Assembly. Several foreign companies, often in partnership with *Gécamines*, started developing and mining different ore deposits in addition to the existing *Gécamines* mines whose production had been reduced to almost zero.

The first ore to be produced in Katanga was gold. The Ruwe mine produced 134 kg in 1904, 139 kg in 1905, 140 kg in 1906, 111 kg in 1907, 90 kg in 1908, 120 kg in 1909 when mining operation ceased.

During the same period, Busanga mine produced 5,496 kg of tin; in 1906, 25 tons of tin and 8 tons at Kasongo. Busanga mine was closed in 1909 and

reopened by UMHK after World War I. In 1929, the production reached 551 tons of tin. Ingots were transported to Hoboken, in Belgium, for further processing. At the same time, the *Compagnie Géologique et Minière des Ingénieurs et Industriels Belges (Géomines)* started the exploration for new tin deposits. During World War I, *Géomines* started a modest exploitation of the rich tin deposits of Kilondja and Manono. In 1928, both UMHK (mostly) and *Géomines* produced 1,097 tons of cassiterite. In 1937, *Géomines* started the exportation of "coltan" (columbium-tantalum) concentrates, by-products of cassiterite.

During that period, UMHK, extending the exploration work of the Tanganyika Concessions Ltd (TCL), evaluated the Kambove and the "Etoile" copper deposit. At Kambove, they estimated the reserves at 9 million tons, including 3 million tons at 12 % copper.

The *Etoile* mine was the first to produce copper. The copper oxide ore was processed in water-jacketed blast furnaces. The production was 2,492 tons in 1912 and reached 27,462 tons in 1917. By 1929, UMHK had six copper mines in production: Ruashi, Likasi-Shituru, Kambove, Kipushi, Luishia and Lukuni, and production levels reached 136,922 tons. Water-jacketed blast furnaces were replaced by reverberatory furnaces in Panda and, later, in the fifties, a leaching and electro-winning plant was constructed in Shituru. In 1928, UMHK produced 112,456 tons of copper metal.

A cobalt alloy was produced in the electric furnaces of Panda. From this alloy, in 1928, 700 tons of cobalt in different forms were produced in Olen, Belgium.

In 1930, the Olen plant sold 30 gm of radium produced from the Shinkolobwe uranium ore. In 1937, UMHK was the principal radium producer in the world.

In 1937, the *Société de Recherche Minière du Sud-Katanga (Sud-Kat)* started producing lead from the Kengere mine (fig. 1).

In 1934, silver production started at the "Prince Leopold" (Kipushi) with 105 tons during the first year. In 1938, UMHK exported 8,000 tons of roasted zinc mineral concentrates from the "Prince Leopold" mine.

Platinum and palladium were also produced by *Union Minière*. In 1936, the production was 99 kg and 391 kg, respectively. Other precious metals were recovered, in Belgium, from the refinery of the copper blister.

Gold production by different companies and individuals reached 777 kg in 1939.

In 1939, there were 23,705 indigenous employees and 1,064 expatriates working in the mining industry of Katanga.

The other minerals produced in Katanga are coal (Luena), manganese (Kitenge) and wolfram (in the *Gécamines* concession, north of Kolwezi).

3. Summary of the Katanga Geology

The main copper-cobalt mineralizations in Katanga are restricted to the Lufilian Arc, a north-directed thrust-and-fold arc within the Neoproterozoic

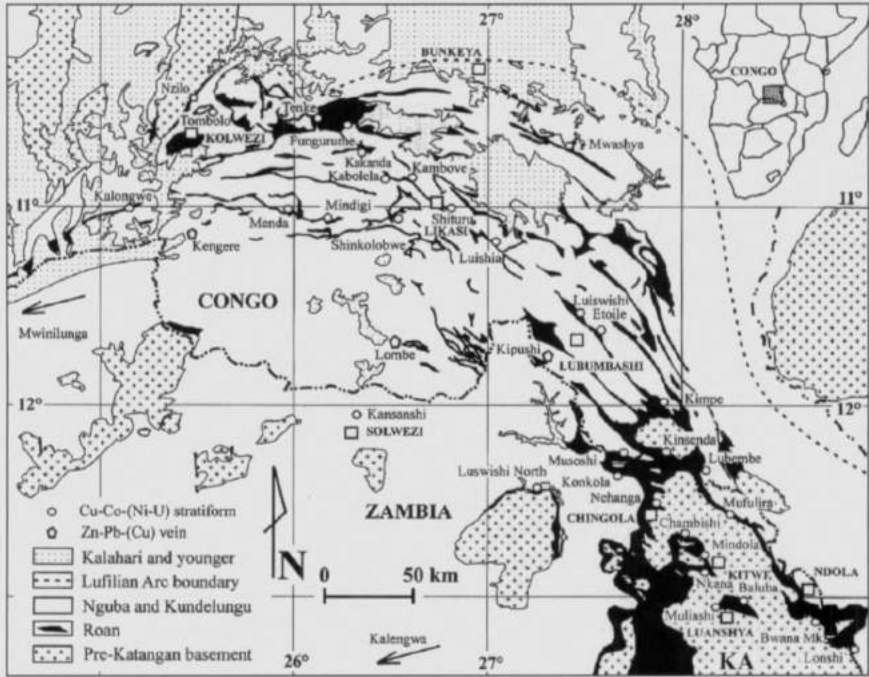


Fig. 1. — The Lufilian Arc in Katanga with the location of the main stratiform Cu-Co deposits (CAILTEUX *et al.* 2005).

Katanga belt (CAILTEUX *et al.* 2005). The Lufilian Arc is squeezed between the Kalahari craton in the south and the Congo craton in the north (figs. 1, 2). The “copper belt” is 150 km wide and 700 km long and, to the south-east, it extends into Zambia. Outside the “copper belt”, there are other important mineralizations: manganese and gold at Kisenge, coal at Luena, cassiterite, wolframite and associated minerals along a north-south belt, copper and silver at Dikulushi, near Lake Mwero.

“The main Cu-Co orebodies occur at the base of the Mines/Musoshi [2] Subgroup, which is characterized by evaporitic intertidal-supratidal sedimentary rocks. All additional lenticular orebodies known in the upper part of the Mines/Musoshi Subgroup are hosted in similar sedimentary rocks, suggesting highly favourable conditions for the ore genesis in particular environments” (CAILTEUX *et al.* 2005).

In the copper belt of Katanga most of the past production is from oxide ore, while in the copper belt of Zambia most of the production came from sulphide ores. The difference between the two provinces is accentuated when the average grades of copper and cobalt are compared (tab. 1). It is however known that, at depth, the important Katangese ore bodies are also sulphide-bearing.

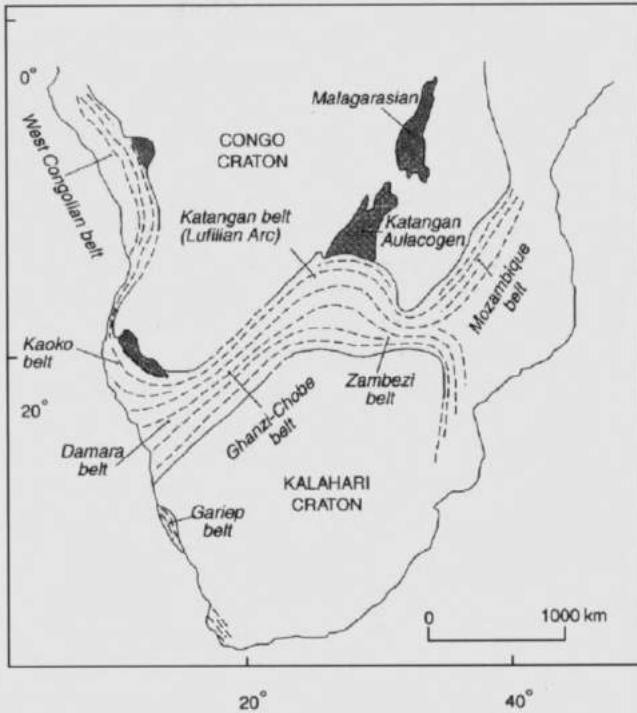


Fig. 2. — Location of the Central African Copperbelt between the Congo and the Kalahari cratons (CAILTEUX *et al.* 2005).

Table 1
Differences between the Katangan and Zambian copper belts*

	Principal Ore Type	Average Copper Grade (%)	Average Cobalt Grades (%)
Katangan copper belt	Oxide	3.5	0.34
Zambian copper belt	Sulphide	2.2	< 0.1

* from Hollaway, oral communication, 2007.

4. The Katanga Province

The province of Katanga, located in the south-east of DRC, is certainly the country's most developed region. Katanga shares its international borders with Zambia, Tanzania and Angola. It is surrounded to the north by the Congolese provinces of Kasai Occidental, Kasai Oriental, Maniema and South-Kivu. The capital of Katanga is Lubumbashi (formerly Elisabethville).

Most of Katanga consists of a plateau at an altitude of about 1,500 metres. It has a pleasant savannah climate, rich grasslands and its heyday was famed for its cattle ranches.

A railway system exists from Lubumbashi to Zambia (and from Zambia the line links to either South Africa or Dar es Salaam, in Tanzania). Lubumbashi is also linked by rail to Kolwezi, through Likasi, and from there to Lobito, in Angola, and the Atlantic coast (the Benguela railway).

The formerly extensive road network that linked major mineral-producing areas and cities to the national network is now in very poor condition due to lack of investment and maintenance.

Hydroelectric power is supplied from two major local dams and four hydroelectric plants located on the Lualaba and Lufira rivers. In 1976, the Inga-Shaba power line, over 2,000 km long, connected the local grid to power supplied by the giant Inga dam hydroelectric scheme in Bas-Congo near the Atlantic coast. The state-owned enterprise, *Société Nationale d'Electricité* (SNEL), is in charge of the electricity supply in DRC. Unfortunately, despite the abundance of power, the supply is frequently interrupted for reasons of poor maintenance which adversely affect industrial development.

5. Past Production

Copper, cobalt, zinc, germanium, uranium, silver, gold, platinum and palladium are the main metals produced for almost a century in the Katangan copper-cobalt belt.

UMHK mines were organized in three groups: in the south around Lubumbashi, in the centre around Likasi (ex-Jadotville) and most prolific of all, in the west around Kolwezi. The same grouping was adopted by the successors of UMHK. In 1967, UMHK was nationalized and its activities were taken over by a state-owned company, first *Gécomin* (1967), then *Gécomines* (1972) and finally, in 1984, by the *Générale des Carrières et des Mines* (*Gécamines*).

The exploitation of copper ores started in 1906 and the production in 1911 at the Ruashi mine. Cobalt, which is always associated with copper (average Co:Cu = 1:13, in *CAILTEUX et al.* 2005) has been produced since 1924.

It has been estimated that the total tonnage of copper produced by *Gécamines* and UMHK until 2003 was 18 million and that of cobalt 1.2 million. Copper production peaked in 1982 with 542,000 tons and today the *Gécamines* total production is estimated at 30,000 tons (fig. 3).

Zinc ore has mainly been mined from the Kipushi orebody, discovered in 1899. It is a near-vertical ore pipe contained in dolomites and dolomitic shales. The pipe, explored to a depth of 1,500 m (only one hole reached 1,800 m), contains rich copper mineralization at the top with little zinc that follows at depth by rich zinc ore and little copper. Mining production began in 1925 and continued

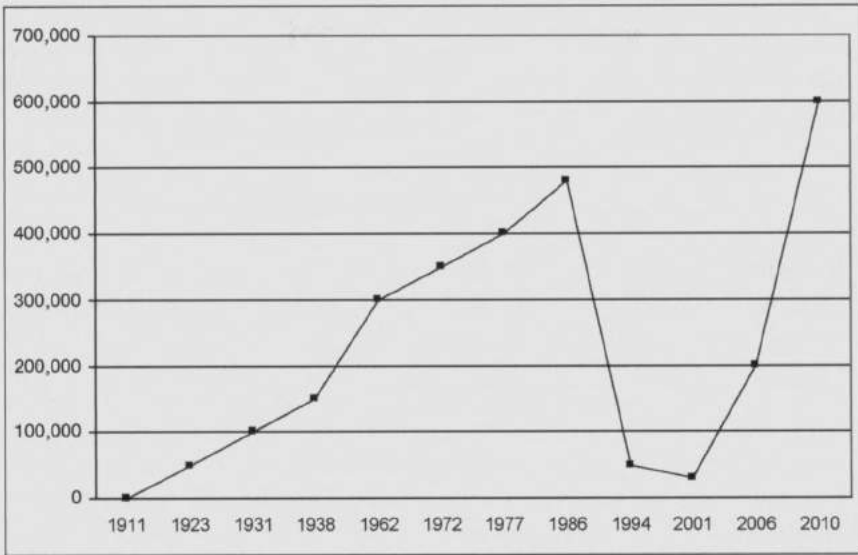


Fig. 3. — Evolution of the copper (contained in concentrates and in cathodes) production in Katanga.

until 1993. The mine produced 3.6 million tons of zinc and 4.1 million tons of copper from ore averaging 11 % zinc and 6.8 % copper. It is reported that around 280,100 kg of germanium, associated with the sphalerite grading 0.3 % Ge, was also produced between 1954 and 2003.

At Shinkolobwe (also known as Kasolo), uranium ore was produced prior to World War II. The mine was flooded in 1956 and was kept under guard by the Zairian armed forces until 1997. In 1915 the presence of uranium mineralization (uraninite) was identified in veins together with nickel, cobalt, copper and iron minerals. Mining began in 1921 when a method was developed to extract radium from the uranium ore. Uraninite was first recovered by hand-sorting (2 % U_3O_8 cut-off grade), but a treatment plant constructed in 1944 put the cut-off grade at 0.2 % U_3O_8 . A total of 20 million tons of ore with an average of 0.17 % U_3O_8 is estimated to have been mined.

Silver, gold and palladium were recovered as by-products during the refinement of the copper blister. Silver comes principally from the Kipushi mine.

Gold, however, was produced as a main product at Ruwe, but in small quantities. Gold production reached 100 kg per year in 1910.

The above information is taken from the book «Comité Spécial du Katanga 1900-1950» (Ed. L. Cuypers).

Since 2003 several new mining investors have started to develop old and newly discovered mines producing copper, cobalt and zinc, in addition to the *Gécamines* production, which is now only a small percentage of the levels it reached in the eighties.

6. Estimation of the Remaining Resources/Reserves

In addition to BUGECO's own archives, the present paper also uses data published by the Royal Museum for Central Africa, and the recent articles published in *African Mining* (South Africa) and the *Mining Journal* (UK). The Joint Ore Reserves Committee (JORC) classification prepared by the Australasian Institute of Mining and Metallurgy (1999), was used to distinguish between Resources and Reserves. In table 2 sixty-three deposits are identified and described although a hundred and eighty mineral occurrences are known in the Katangan copper-cobalt belt. However, for most of these deposits only limited information was available and it was necessary to limit the search to those for which a degree of geological confidence could be assigned.

From the interpretation of table 2 it can be concluded that the copper belt in Katanga still contains around 2 billion tons of ore at an average grade of 3.5 % Cu (or 60 million tons of copper metal), 1.5 billion tons of cobalt ore at an average grade of 0.34 % Co (or 5.1 million tons of cobalt metal), 34 million tons of zinc ore at an average grade of 18 % Zn (or 6 million tons of zinc metal) and 100,000 tons of germanium metal. Silver, gold, uranium, platinum, palladium, gallium, cadmium and lead are not included.

It must be noted that exploration and new developments are going on, which possibly will increase the above figures.

Table 2
Summary of the main resources of the Katangan copper belt

Deposit	Reserves/resources (Mt)	Mt	Copper (%)	Cobalt (%)	Silver (g/t)	Zinc (%)
Big Hill	reserves	15		2.2		
	reserves	8				15
Dikulushi	resources	1.3	8.11		238	
Dikuluwe and Mashamba	resources	168	3.71	0.3		
Etoile		15.5	1.37	0.6		
Fungurume and Tenke	total resources	229	4.42 %	0.31		
Kabanbakola	oxide resources	0.8	1.1	1.9		
	sulphide resources	2	0.8	0.7		
Kabolela North	resources	0.375	3.7	0.7		
Kabolela South	oxide resources	0.5	3.1	2.2		
	sulphide resources	2.5	3.2	2.3		
Kakanda North	resources	5.8	3.4 - 3.6	0.09- 0.19		
Kakanda South	resources	5.9	3.36	0.28		
	tailings resources	21.77	1.15	0.15		
Kakongwe West	resources	3	5			
Kalabi						
Kalakundi	inferred resources	16.9	3.03	0.66		
Kalumbwe						
Kalumines (see Kasonta + Karavia)						

Deposit	Reserves/resources (Mt)	Mt	Copper (%)	Cobalt (%)	Silver (%)	Zinc (%)
Kamatanda	resources	0.4	4.9			
Kambove	resources	0.5				
principal	tailings (see Kakanda)					
Kambove West (abandoned mine)	resources	6.5	4	0.45		
Kamfundwa (depleted)						
Kamoto	resources	66	4.4	0.5		
Kamoya	resources	10	2.7	0.45		
Kamwali	resources	1.56	4.92	1.96		
Kapulo	resources	1.12	4.73			
Karavia (Kasonta-Lupoto Polygon)	resources	0.044	5.38			
Kasombo						
Kasonta (Kasonta-Lupoto Polygon)	resources	1.5	5.18			
Kazibizi	resources	1	3.2	0.6		
Kinsenda	resources	15	5			
Kinsevere	resources	5.7	3.7	0.11		
Kipapila	resources	2.6	4.4	0.54		
Kipese						
Kipushi	resources	26	2.18			19
Kolwezi	tailings resources	112.8	1.49	0.32		
K.O.V.	resources	120	4.59	0.3		
Kulumaziba	resources	6	4			
Likasi						
Lombe	< 100,000 tons of zinc metal					
Lonshi	resources	7.3	4.91			
Lubembe North	resources	47.5	2.19			
Lufua (Frontier)	sulphide resources	173.7	1.16			
	oxide/mixed resources	21.3	1.2			

Luishia	proven reserves	6.9	2.7	0.87
	probable reserves	50.1	2.09	0.1
Luiswishi	resources	8	2.5	1.1
Lukuni	resources	2.7	4.3	
Lungeshi				
Lupoto (Kasonta-Lupoto Polygon)	resources	6.7	3.13	
Mindigi				
Mukondo	open pit resources	3.5	5	1.55
			1.84	1.41
Musonoi	resources	30	3.9-5.4	0.4-0.6
Musoshi	resources	110	2.1	
Mutoshi (see Ruwe)				
Niamumenda (Kasonta-Lupoto Polygon)	resources	0.553	3.92	
Panda	tailings resources: 3.2	7.7	1.52	0.23
Ruashi	tailings resources: 3.2	3.2	1.9	0.6
	orebodies proven and probable reserves	31.9		
			3.5	0.35
Ruwe (= Mutoshi)	resources (1974)	10	1.95	
Sesa	resources	2	5.6	0.25
Shamitumba	resources	0.175	3.3	0.7
Shanguluwe	resources	0.025	8	
Shinkolobwe	resources of uraninite	0.002		
	resources	2.4		1.6
Shinkolobwe signal	resources	0.125	3.1	1.7
Shituru	reserves	0.085	2	0.05-0.1
	tailings resources	7.28	1.38	0.21
Tilwezembe	resources	1.1	1.6	1.51

N.B.: inferred resources are not accounted for except when specified.

In terms of quantitative metallogeny, the Katanga copper resources (60 Mt) are certainly among the most important in the world. According to table 3, the Katanga copper metal contained is second, just after Chile.

For the cobalt resources (4.0 Mt), Katanga is by far the largest cobaltiferous region in the world (tab. 4)

Table 3

Principal resources of copper metal in the world*

Country	Mt of copper metal
Chile	150
DRC	60
USA	35
Indonesia	35
Mexico	30
Peru	30
Poland	30
China	26
Australia	24
Russia	20
Zambia	19
Kazakhstan	14
Canada	9
Other countries	60
World total (rounded)	480 (540)

* USGS 2008, except for DRC added by the author.

Table 4

Principal cobalt resources in the world*

Country	Tons of cobalt metal
DRC	4,000,000
Australia	1,400,000
Cuba	1,000,000
Zambia	270,000
Russia	250,000
New Caledonia	230,000
Canada	120,000
China	72,000
Brazil	29,000
Morocco	20,000
Other countries	130,000
World total (rounded)	7,000,000 (11,000,000)

* USGS 2008, except for DRC added by the author.

It must also be pointed out that within the almost 20,000 km² surface area of the Katanga copper belt, the density of ore bodies is one of the largest in the world.

Therefore, the resources in copper and cobalt, but also in zinc and in germanium, and in uranium make the Lufilian Arc of Katanga one of the richest mineral provinces in the world.

7. Present Production (2006)

7.1. DIKULUSHI CU-AG MINE

The high grade copper-silver Dikulushi deposit was originally discovered in 1930 but was only evaluated and developed during the mid-1990s and put into production in 2002. Dikulushi has been described as one of the world's highest grade copper-silver deposit. The deposit is located near lake Mwero, some 400 km NE of the main Katanga copper belt. The Dikulushi deposit is located in the Kundelungu foreland (MUCHEZ & DEWAELE 2006). The resource was estimated, in 2005, at 1.72 Mt with an average grade of 8.5 % Cu and 266 g/t silver. It is a massive sulphide deposit controlled by a fault. The vein is 250 metres long and up to 30 metres wide. Chalcocite is the main copper mineral. It also contains silver. The ore is concentrated by flotation. The plant produces a concentrate grading 53 % Cu and around 1,488 g/t. The concentrate is transported by trucks and barges for more than 1,000 km to Tsumeb (Namibia) or Palabora (South Africa). Annual production is around 20,000 tons of copper and 1.8 million ounces of silver. In 2007, underground mining will start.

Since the beginning of its operation, Anvil Mining has reserved 5 % of its net profit to sustain the development of the local community.

7.2. KULUMAZIBA/MUTOSHI

This deposit consists of gravel tailings, dumped in a watercourse, from the former washing plant operating at Mutoshi (near Kolwezi) between 1960 and 1987. Over the years, malachite is precipitated on the surface of clay fragments. For the first 3 km, the resources have been estimated at between 5 and 7 Mt grading 4 % copper. There is another 14 km to evaluate. Annual production is 16,500 tons of copper from 28-30 % copper oxide concentrate.

7.3. BWANA/LONSHI

The Bwana/Lonshi deposit was discovered around 1930. It is located 3 km from the border with Zambia. Mineralization occurs within a 15 metres thick package of weathered sediments. The resources are estimated at 7.3 Mt with 4.9 % Cu. Production started in 2001 with an annual production around 50,000 tons of copper.

7.4. LUISWISHI

Luiswishi is a typical stratiform deposit. It was mined sporadically for copper and cobalt between 1929 and 1956. Open pit mining was resumed in 1998. From 2003 until 2006, the annual production was around 12,000 tons of copper and 4,000 tons of cobalt. The remaining resources are estimated at 8 Mt of ore containing 2.5 % copper and 1.1 % cobalt. The ore is partly washed at the mine and processed at the Kipushi concentration plant. Uranium mineralization is also present.

7.5. RUASHI

The historic Ruashi and Etoile mines are situated close to Lubumbashi and are 2 km apart. At Ruashi, the production of copper and cobalt oxides resumed in 2006. The annual production is estimated at 40,000 tons of copper and 3,000 tons of cobalt. The remaining reserves at Ruashi are estimated at 31.9 Mt at a grade of 3.5 % copper and 0.35 % cobalt.

7.6. BIG HILL

Massive tailings deposits resulting from decades of mining are situated in the Lubumbashi ore and are collectively known as the "Big Hill". These consist of stockpiled slag heaps from processing and metallurgical rejects of ores from the mines in Kipushi, Likasi and Kolwezi. The pre-1951 dumps are rich in cobalt. Between 1951 and 1970 Kipushi slags (rich in germanium but poor in cobalt) were dumped on the hill, while the 1970-1998 period saw slag from Likasi and Kolwezi (rich in cobalt and poor in germanium) being dumped.

The overall tailings dump consists of an estimated 12.5 million tons in total, of which 4.5 million tons have an approximate cobalt content of around 2.2 % together with 6.6 % zinc. The zinc-rich section amounts to about 8 million tons running 14 % zinc. Among other metals it is thought that the zinc section contains some 2,500 tons of germanium. Table 5 shows an estimate of what should be contained within the Big Hill.

The present annual production is about 5,000 tons of cobalt, 3,500 tons of copper and 15,000 tons of zinc oxide. The "zinc dust" is exported to South Africa and from there to China.

7.7. MUKONDO

The Mukondo deposit is located 50 km NW of Likasi. The mineralization is of two types. The first is cellular with cobalt mineralization disseminated finely throughout. The other ore is a clay containing particles of cobalt-silica at a grade of 156-25 % cobalt. Open pit resources are estimated at around 3.5 Mt of ore with 0.5 % copper and 1.55 % cobalt. Although limited production is going on, no figure is available.

Table 5
Composition of the Big Hill zinc-rich section

Metal	Grade
Zinc %	14-15
Copper	1.2-2.9
Lead %	0.8-1.8
Cadmium %	0.15 ?
Gallium %	0.03 ?
Germanium g/t	76 ?
Silver g/t	35 ?

7.8. GECAMINES

The annual production of *Gécamines* since 1995 is less than 30,000 tons of copper and less than 1,000 tons of cobalt since 2005. The parastatal company has suffered from the political instability during the last ten years. Lack of new investments and maintenance has drastically reduced the mine production at the processing and metallurgical plants. The number of employees was reduced to 10,000 from over 20,000 in the nineties.

7.9. ARTISANAL MINING

It is extremely difficult to assess the production of artisanal mining, illegal and legal. Our best guess, supported by several experts, is around 15,000 tons of hand picked copper concentrate per month. Usually, the concentrates contain around 30 % copper. If the recovery at the local furnaces is 90 %, the annual copper production should be 48,600 tons, say 50,000 tons.

For cobalt, it is even more difficult to appreciate artisanal production. Based on the supposed copper production, an annual cobalt metal production of 10,000 tons is proposed. Reports by NGOs estimated the production of heterogenite at 10,000 tons per month.

The number of diggers is estimated at over 100,000. Their production supplied a large number of electric-arc small furnaces producing a copper metal containing around 97 % Cu and copper-cobalt alloys. These metal, alloys and unprocessed ores are bought by *négociants* and trading companies transporting the material to Zambia for partial refinery. From there, the cobalt and copper unprocessed ores, concentrates, metal and alloys produced are mainly transported to China (fig. 4). Trading houses are Congolese but the majority are foreign (in particular Lebanese, Chinese, Indians).

The stripping of rich ores by local diggers endangers the future of open pit mines. Their work is dangerous, anarchic and unregulated. Their revenues are minimal. Trading houses are making huge revenues. Most of this production is not declared and represents a loss for the government.

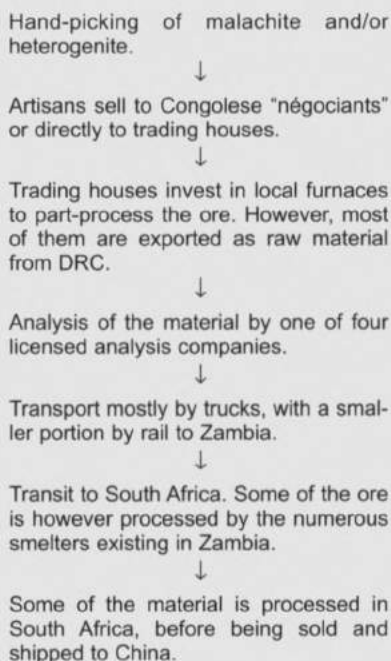


Fig. 4. — Simplified chart explaining the trade of the material collected by artisanal miners (modified from the Global Witness report: "Digging in Corruption" 2006).

Heterogenite containing uranium has also been hand-picked from the Shinkolobwe (Kasolo) ex-uranium mine since 1998. According to unpublished reports, between 7,000 and 13,000 illegal artisans are working under exceedingly dangerous conditions. They dig down to 100 m. The ore extracted contains an average of 0.3 % uranium, 7.82 % cobalt, 12.65 % iron, 2.84 % copper and 1.76 % nickel.

From table 6, it can be seen (fig. 3) that the today (2006) annual production of copper has reached a tonnage almost half of what it was during the best years (in the eighties, when production reached 450,000 tons). Although the *Gécamines* production is still very low, independent new mining companies have been producing some 140,000 additional tons of copper per year since 2003.

Cobalt production is higher than in the eighties, when it reached 14,000-16,000 tons. The independent mining companies alone are producing some 8,000 tons of cobalt per year.

8. New Developments and Foreseeable Productions

Among the Katanga deposits presently under development for future production are: Tenke-Fungurume, Kamoto, KOV, the Kolwezi tailings, Global

Table 6
Annual contained metal production (t) from Katanga*

Name of the deposit	Copper	Cobalt	Zinc	Silver
Dikulushi	20,000			56,000
Kulumaziba	16,500			
Bwana/Lonshi	50,000			
Luiswishi	12,000	4,000		
Ruashi	40,000	3,000		
Big Hill	3,500	5,000	13,000	
Mukondo				
<i>Gécamines</i>	23,000	750		
Artisanal mining	50,000	10,000		
Total	215,000	18,750	13,000	56,000

* Estimation of today (2006), except otherwise specified.

Enterprises Corporate (KCCV), Kalukundi, the Gécamines Central Group (KCC) and Kisenda.

A number of other companies are, in partnership with *Gécamines*, at the stage of pre-feasibility and feasibility studies. These include the following companies: *Congolaise des Mines et Développement* (COMIDE), *Société d'Exploitation de Kipoi* (SEK), *Société Minière de Kabolela et de Kipese* (SMKK), Kasonta-Lupoto Mines (Kalumines), Mutanda ya Mukonkota Mining (MMM), *Société d'Exploitation des Gisements de Kalukundi* (Swan Mines), Musonoi and *Société de Traitement des Rejets de Mutoshi* (SRM). For these companies, future production programmes are not yet available.

8.1. TENKE FUNGURUME

The Tenke Fungurume copper-cobalt deposits comprise one of the world's largest, richest known resources. They are in the process of being developed into large-scale, long-life mines.

The deposits have had a long history. They were first explored and evaluated by UMHK from 1918 onwards. From 1970 to 1976, they were held by the *Société Minière de Tenke Fungurume* (SMTF), an international consortium headed by Charter Consolidated, an affiliate of Anglo American. In partnership with them were Mitsui Mining, Amoco Minerals, BRGM and Paribas.

The consortium dissolved after the 'Kolwezi Incident' of 1976, when a number of Europeans were massacred in Kolwezi after Katangan rebels launched an invasion into the mining region of Katanga from their base in Angola. Possession of the resource reverted to *Gécamines*, which concluded a joint-venture agreement with the Lundin family in Switzerland.

The deposits lie on the northern edge of the Katanga Arc. In common with all the other stratiform copper-cobalt deposits in DRC, the deposits are hosted in two parallel, bedded sedimentary units close to the base of the Mines Group in the Katanga sequence. Mineralization is mainly confined to two sedimentary beds, each varying from 5 to 15 metres in thickness, on either side of a resistant hard siliceous dolomite bed. Oxidation generally extends 50-100 metres below surface in the Fungurume deposits and 100-150 metres in the Tenke deposits. The total oxide resources (in the open pit) are estimated at 126 Mt grading 4.3-5.4 % Cu and 0.32 % Co. The total sulphide resources (underground mining) are estimated at 103 Mt grading 3.4-4.9 % Cu and 0.25 % Co. The production objectives are 130,000 tpa copper metal.

Production should start in 2009, with an annual production of 40,000 tons of copper and 2,000 tons of cobalt for the first three years, then passing to 65,000 tons of copper and 5,000 tons of cobalt in 2012 and finally to 141,000 tons of copper and around 10,000 tons of cobalt for the next years (tab. 7).

Table 7
Estimated annual production of copper and cobalt from Tenke and Fungurume

Year	Copper metal (t)	Cobalt metal (t)
2009	40,000	2,000
2010	40,000	2,000
2011	40,000	2,000
2012	65,000	5,000
2013	141,000	9,000
2014	141,000	11,000
2015	141,000	8,000
Mine life expected for another 7 years		

8.2. KAMOTO

The Kamoto mine lies within the NE extent of the Katanga Arc. The copper-cobalt minerals hosted on the property are a classic example of sediment-hosted stratiform copper ore system deposits. Two parallel to subparallel mineralized zones are separated by a poorly to unmineralized dolomitic unit. The mining project also includes the T-17, Mashamba and Dikluwe ore bodies.

The average annual production over the twenty-year mine life is estimated at 109,000 tons of copper and almost 6,000 tons of cobalt. The annual production schedule is reported in table 8.

8.3. KOV

KOV are the initials for Kamoto East, Oliveira and Virgule, three ore deposits to the East of the main Kamoto mine in Kolwezi. It is a huge open pit, which was

flooded in 1994 and is now on its way to be dewatered. The exploitation permit covers also the Kananga and Tilwezembe mines. The Kolwezi concentrator has been completely refurbished. The proposed annual production is up to 250,000 tons of copper and 25,000 tons of cobalt. The KOV concession consists of a joint venture between BSGroup of South Africa, DGI (Dan Gertler Industries) and *Gécamines*.

Table 8
Estimated annual production schedule of Kamoto mine

Year	Copper metal (t)	Cobalt metal (t)
2007	5,000	170
2008	20,000	700
2009	60,000	2,000
2010	100,000	3,000
2011	125,000	4,000
2012	125,000	4,000
2013	120,000	4,000
2014	150,000	5,000
Until 2027, per year	113,500	3,750
Total	2,180,000	113,000

8.4. KINSEVERE-NAMBULWA

Two adjacent copper-cobalt deposits, located some 50 km from Lubumbashi, contain rock invaded by veins of copper-cobalt minerals (malachite and haterogenite in the first 100 metres from the surface). The resources are estimated at over 3 Mt with an average grade of 5-5.5 % Cu and 0.2 % cobalt. Production will start in September 2007 with an annual production of 20,000 tons of copper ingot (black copper). By 2010, the production by SX/EW will increase to 60,000 tons of copper cathodes and possibly 100,000 tons if sufficient electrical power were to be made available.

8.5. KOLWEZI TAILINGS

Flotation tailings from the concentrator plant in Kolwezi, which processed high-grade ore from the KOV mines and other nearby mines from 1952 onwards, have been stockpiled at site. Due to recoveries obtained from concentration techniques used at the time, these tailings contain valuable amounts of copper and cobalt. Two tailing dams exist and these are referred to as Kingamyambo and Musonoi (25 km outside the town of Kolwezi).

Kingamyambo is a conventional dam estimated to contain some 42.3 million tons of tailings. The Musonoi tailings were discharged into the Musonoi river valley and the resulting deposit is estimated to contain 70.5 million tons of

material. The combined indicated resource is estimated to be 112.8 million tons at 1.49 % copper and 0.32 % cobalt.

Table 9 shows the probable annual production.

Table 9
Estimated annual production of Kingamyambo/Musonoi tailing deposits

Year	Copper metal (t)	Cobalt metal (t)
2008	22,000	4,000
2009	31,000	6,000
2010	39,000	7,000
2011	40,000	7,000
2012	42,000	6,000
2013	75,000	11,000
2014	75,000	11,000
2015	75,000	17,000
2016	75,000	16,000
2017	75,000	14,000
Total		

8.6. KALUKUNDI

The Kalukundi deposit is located 65 km NE of Kolwezi and around 210 km west of Lubumbashi. It contains an estimated 27 Mt of ore grading 2.5 % copper and 0.7 % cobalt.

Production, planned for 2008, will be 3,800 tons of cobalt metal and 16,400 tons of copper metal. The oxide ore will be treated on the site by means of SX/EW.

8.7. FRONTIER (LUFUA)

The Frontier copper deposit was discovered in 2000 through a geochemical exploration programme. The deposit is located less than 2 km from the Zambian border. Oxide resources are estimated at 21.3 million tons with 1.3 % Cu. Sulphide resources are estimated at 139.4 million tons with 1.15 % Cu. In 2006, the company announced the construction of facilities to produce an average of 73,000 tons of copper concentrate per year over a mine life of nineteen years. If the concentrate contains 25 % Cu, the annual production of copper will be around 18,000 tons of copper metal.

8.8. GECAMINES (Central Group)

Gécamines, through a financial assistance from China, is planning to increase its annual production to reach 60,000 tons of copper by 2010. The new development programme near Likasi is expected to produce for the next four years the following estimated yearly tonnages (tab. 10)

Table 10
Estimated annual production by *Gécamines*

Year	Copper metal (t)	Cobalt metal (t)
2007	33,655	915
2008	33,655	915
2009	57,800	1,437
2010	57,800	1,437
Total		

8.9. ARTISANAL DIGGERS

It is always difficult to predict the production levels of uncontrolled artisanal mining. It is hoped however that, with the creation of over 10,000 new positions in the future mining industry of Katanga, the number of legal and illegal diggers will decrease and their production disappear completely or at least be controlled. This is the reason why in table 11 no production estimates are provided.

Table 11
Summary of the estimated additional copper production (in thousand tons) for the next ten years

	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Tenke Fungurume			40	40	40	65
Kamoto	5	20	60	100	125	125
Kolwezi tailings	22	31	39	40	42	75
<i>Gécamines</i>	34	34	58	58		
KOV		25	50	75	100	125
Kinsevere	20	30	40	60	60	60
Kalukundi		16.4	16.4	16.4	16.4	16.4
Frontier		18	18	18	18	18
Artisanal mining						
Total	81	164.4	321.4	407.4		

In 2010, it is estimated, based on currently planned rehabilitation and new projects, that an additional annual copper metal production of 407,000 tons will be reached. This figure should be added to the present production (around 200,000 tons) continuing to 2010 to obtain a total of almost 600,000 tons of copper metal.

An additional 30,000 tons of cobalt (tab. 12) will be added to the 19,000 tons cobalt already in production (tab. 6). That makes a total in 2010 of around 49,000 tons of cobalt.

It must be noted that several deposits are already in development (Luiswishi, Mukondo, Kabolela, and others) or in the process of a feasibility study (Kipoi,

Mutanda, and others). They are not small deposits and, in a few years' time, they can expect to produce 20,000 to 30,000 tons of copper per year.

The Musoshi deposit, for example, was discovered in 1936 by Sudkat. It was mined after 1972 by the *Société de Développement Industriel et Minier du Congo* (SODIMICO), a Japanese consortium headed up by Nippon Mining. The deposit is situated on the Zambian border adjacent to the world-class Konkola copper deposit across the border in Zambia. The resources, calculated to 450 metres depth, are estimated at 30 million tons with 3.3 % Cu. The estimated annual production is 35,000 tons of copper. The mine is presently flooded.

The Kinsenda deposit was discovered in 1930. It is located nearby the Musoshi deposit. It was also mined by Sodimico (later known as Sodimiza). The Kinsenda and Musoshi deposits are held by *Minière de Musoshi et Kinsenda* (MMK). The deposit was reported in 1989 to contain 10 million tons grading at 5 % copper.

Table 12

Summary of the estimated additional cobalt production (in thousand tons) for the next ten years

	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Tenke Fungurume			2	2	2	5
Kamoto	0.17	0.7	2	3	4	4
KOV		2.5	5	12.5	15	20
<i>Gécamines</i>	0.9	0.9	1.4	1.4		
Kolwezi tailings		4	6	7	7	6
Kalukundi		3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
Frontier						
Artisanal mining						
Total	1.07	11.9	20.2	29.7		

9. Remarks on the Economics of Copper and Cobalt in the World and in Katanga in particular

Copper prices rose from August 2005, when it was around \$3,000/ton to \$8,000/ton at the beginning of 2006. Since then the prices have settled down to around \$5,000 to 6,000/ton. The sharp price increase is principally due to continuing demand from existing markets to which has been added the new high demands from China and India, and the scarcity of copper. Given the lack of investment in resources over many years of depressed base metal prices, the demand was higher than the available stocks. Since the end of 2006, the stocks of copper have again been higher than the demand, hence the decrease in price.

The prices of cobalt cathode fluctuated between \$12.75 and \$20.50 per pound during the first twenty months of 2006. In recent years, exports of cobalt-rich

ores from Katanga to refineries mainly in China have helped to balance world cobalt supply and demand. Future export of these ores could be affected by declining ore grades, higher copper prices (which could influence miners and smelters to shift to copper production), the availability and increasing cost of transportation, efforts by the DRC government, which require that cobalt ores be processed before being exported, and increased involvement of international mining companies in DRC.

The economics of copper and cobalt mining industries in Katanga is largely dependent upon the infrastructure, among others *transport* (the roads are in poor condition and the railway is not in condition to provide regular delivery), *power* (the electrical network and distribution have to be modernized to supply the newly installed SX/EW plants), *housing* (thousands of new houses have to be built, cement production facilities have run down and are lacking and cement has to be imported, *banking* (providing the individuals with possibilities to save and fructify their personal revenues).

Despite the above-mentioned problems, most of the mining companies are announcing attractive cash costs. For example, at Dikulushi, the total cash cost (including transport and smelting and refinery charges, capital charges and government taxes) is around \$0.85/lb Cu or \$1,870/ton Cu. At Bwana/Lonshi the total cost is \$1.05/lb Cu or \$2,310/ton Cu. At Kamoto, the expected total cash (including credits for cobalt but excluding government taxes and transport) is around \$ 0.36/lb of copper or \$792/ton of copper. At the Frontier copper deposit, the total cash cost is expected to be \$1.04/lb of copper or \$2,300/lb of copper.

From the above-mentioned examples, the total cash cost for producing one pound of copper cathode is expected to be around \$1 or \$2,200/ton. When the price of copper (tab. 13) is around \$5,000/ton, the royalties (2 %) are \$100, the cash cost is \$2,200 and the taxable revenue is \$2,700. The corporate tax (30 %) amounts to \$810. If copper price is around \$5,000, the company profit will be \$1,890 per ton of copper produced and the government would receive \$910 for each ton of copper produced (almost 50 % of the company profit). If copper price is around \$4,000, the company profit will be \$1,204 and the government would receive \$596 for each ton of copper produced. The company profit will still be positive for a copper price of \$3,000/ton but negative for a copper price of \$2,000/ton.

The above calculation is of course oversimplified. But it gives a fair idea of what the government should receive, for example, in 2010, when the total copper production will reach 600,000 tons, *i.e.* between \$360 million (copper price at \$4,000) and \$546 million annually (copper price at \$5,000). Of course, the above figures are an average over the mine life. The real total cash cost will be higher during the first years, when the company reimburses the capital invested, and smaller when it has been reimbursed. In addition, a discount factor of, say, 15 %, for political and security risks should reduce the above profit both for the government and the mining companies.

Table 13

Estimated revenues, both for government and companies
from mining operations in Katanga for 2010

	Cu price	Cu price	Cu price	Cu price
Revenue	\$5,000	\$4,000	\$3,000	\$2,000
Royalties	\$100	\$80	\$60	\$40
Total cash cost	\$2,200	\$2,200	\$2,200	\$2,200
Taxable profit	\$2,700	\$1,720	\$740	-\$240
Corporate tax	\$810	\$516	\$222	0
Company profit	\$1,890	\$1,204	\$518	-\$240

In addition to these incomes, the government will receive the indirect taxes paid by the new company employees and other Congolese engaged in the service companies. The companies are engaged to provide health, security and education for their employees and their children. The infrastructure will improve and power distribution to the different mining sites is already in negotiation between the mining companies and the *Société Nationale d'Electricité* (SNEL).

10. Conclusion

It is clear that mining industry is and will be the engine for the economic development of Katanga in particular, and DRC in general. No other industry is ready to produce new sources of revenue for the government and new employment. The benefits of mining activity in the copper belt of Katanga will expand to the rest of the region, principally in regard to the potential in tin, and to the rest of the country. In Kasai, where large investments have been made in exploration for new kimberlites, and in Kivu and the Ituri regions, where the Kilo and Moto gold districts are under serious exploration and development.

Mining industries are prepared to refurbish the processing and metallurgical plants and install new technologies such as SX/EW. In doing so, the industry responds to the DRC government concerns to transform the raw material within the country. This activity will also increase the number of new employment.

New revenue generated by mining activities carries with it a considerable potential for improvement of the social condition. This is particularly true for the Katanga copper belt, where *Gécamines* had to drastically reduce the number of its employees. New employment will also decrease the number of diggers working in artisanal mining. Artisanal mining, unsafe, unregulated and prone to abusive employment conditions, is also a plague in the diamond- and gold-rich region. The new employment opportunities brought by mining companies will contribute to the decrease of their number. The end (or at least the sharp decrease of this uncontrolled activity) will also increase the security in these mining regions.

It is to be hoped that the secondary beneficial effect on the economy by the explosion of mining activities in Katanga in particular, but also in the rest of the country, will be the creation of new jobs in the service sector. It will need initiative and hard work but rewards will be considerable for the independent worker and his family. Agriculture, ranching, small factories, etc. will develop together with government services such as post facilities, transport, administrative centres and others.

The optimistic views and projections will of course depend on political stability, good governance and the financing of several billion US dollars for investment.

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to thank Jacky Cailteux (EGMF), who knows more about Katanga geology and mining than anybody else; John Hollaway (BUGECO), Gérard de La Vallée Poussin (BUGECO) and Walter Loy for their critical reading and for their suggestions. The author is also indebted to the contributions of Paul Fortin (*Gécamines*), Craig Andrews (World Bank), Mbwelele Kampata (DRC Mining Ministry), René Nolevaux (Katanga Mining) and Georges A. Forrest (GFIA).

NOTES

- [1] Allegory of resurrection and life after death.
- [2] Mines subgroup in Katanga and Musoshi subgroup in Zambia.

REFERENCES

- CAILTEUX, J. L. H., KAMPUNZU, A. B. H., LEROUGE, C., KAPUTO, A. K. & MILESI, J. P. 2005. Genesis of sediment-hosted stratiform copper-cobalt deposits, Central African Copperbelt. — *Journal of African Earth Sciences*, **42**: 134-158.
- Joint Ore Reserves Committee of the Australasian Institute of Mining and Metallurgy 1999. Australasian Code for Reporting of Mineral Resources and Ore Reserves (The JORC Code). — Minerals Council of Australia.
- MUCHEZ, P. & DEWAELE, S. 2006. Ore Deposits in the Neoproterozoic Rocks of the Katanga Province (Democratic Republic Congo): the Result of Multiple Mineralising Phases and Fluid Migrations. — *Bull. Séanc. Acad. R. Sci. Outre-Mer*, **52** (2006-2): 185-196.

PROCES-VERBAUX — NOTULEN

Classe des Sciences morales et politiques

Séance du 15 mai 2007
(Extrait du procès-verbal)

La séance est ouverte à 14 h 30 par M. C. Sturtewagen, Directeur, assisté de M. P. Petit, Vice-Directeur, et de Mme D. Swinne, Secrétaire perpétuelle.

Sont en outre présents: M. H. Baetens Beardsmore, Mmes P. Bouvier, E. Bruyninx, M. F. de Hen, Mme D. de Lame, MM. G. de Villers, J. Everaert, J. Jacobs, J. Klener, F. Neyt, J.-L. Vellut et Mme Y. Verhasselt, membres titulaires; MM. D. Huyge et U. Vermeulen, membres associés; M. H. Vinck, membre correspondant; M. H. Nicolaï, membre de la Classe des Sciences naturelles et médicales.

Ont fait part de leur regret de ne pouvoir assister à la séance: MM. P. Collard, F. De Boeck, R. Deliège, J. Denis, D. Demolin, Mme M. Engelborghs-Bertels, MM. E. Haerinck, C. Ntampaka, P. Raymaekers, F. Reyntjens, R. Rezsöhazi, Mme B. Vanhoudt et M. C. Willemen.

«Muurschilderingen uit Matabeleland (Zimbabwe)»

M. Geert Bourgois présente une communication intitulée comme ci-dessus.

MM. John Jacobs, Dirk Huyge, François Neyt et Mme Elze Bruyninx prennent part à la discussion.

La Classe décide de ne pas publier de texte.

Minorités européennes dans l'histoire du Congo colonial.

Le cas des Italiens

M. Rosario Giordano présente une communication intitulée comme ci-dessus.

MM. Henri Nicolaï, John Jacobs, Mme Paule Bouvier et M. Urbain Vermeulen prennent part à la discussion.

La Classe décide de ne pas publier de texte.

Honorariat

Par Arrêté ministériel du 14 février 2007, M. Charles Willemen, membre associé, a été promu à l'honorariat.

Par Arrêté ministériel du 14 février 2007, MM. Valentin Mudimbe, János Riesz, Benjamin Tsou et Honoré Vinck, membres correspondants, ont été promus à l'honorariat.

Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen

Zitting van 15 mei 2007

(Uittreksel van de notulen)

De zitting wordt om 14 u. 30 geopend door de Heer C. Sturtewagen, Directeur, bijgestaan door de Heer P. Petit, Vice-Directeur, en Mevr. D. Swinne, Vast Secretaris.

Zijn bovendien aanwezig: de Heer H. Baetens Beardsmore, Mevr. P. Bouvier, E. Bruyninx, de Heer F. de Hen, Mevr. D. de Lame, de HH. G. de Villers, J. Everaert, J. Jacobs, J. Klener, F. Neyt, J.-L. Vellut en Mevr. Y. Verhasselt, werkende leden; de HH. D. Huyge en U. Vermeulen, geassocieerde leden; de Heer H. Vinck, corresponderend lid; de Heer H. Nicolaï, lid van de Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen.

Betuigden hun spijt niet aan de zitting te kunnen deelnemen: de HH. P. Collard, F. De Boeck, R. Deliège, J. Denis, D. Demolin, Mevr. M. Engelborghs-Bertels, de HH. E. Haerinck, C. Ntampaka, P. Raymaekers, F. Reyntjens, R. Rezsóhazy, Mevr. B. Vanhoudt en de Heer C. Willemen.

Muurschilderingen uit Matabeleland (Zimbabwe)

De Heer Geert Bourgois stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. John Jacobs, Dirk Huyge, François Neyt en Mevr. Elze Bruyninx nemen aan de bespreking deel.

De Klasse beslist deze tekst niet te publiceren.

„Minorités européennes dans l'histoire du Congo colonial. Le cas des Italiens”

De Heer Rosario Giordano stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. Henri Nicolaï, John Jacobs, Mevr. Paule Bouvier en de Heer Urbain Vermeulen nemen aan de bespreking deel.

De Klasse beslist deze tekst niet te publiceren.

Erelidmaatschap

Bij Ministerieel Besluit van 14 februari 2007 werd de Heer Charles Willemen, geassocieerd lid, tot het erelidmaatschap bevorderd.

Bij Ministerieel Besluit van 14 februari 2007 werden de HH. Valentin Mudimbe, János Riesz, Benjamin Tsou en Honoré Vinck, corresponderende leden, tot het erelidmaatschap bevorderd.

Nominations

Par Arrêté ministériel du 4 avril 2007, M. Koen Vlassenroot a été nommé membre associé.

Par Arrêté royal du 9 avril 2007, MM. Filip De Boeck, Didier Demolin, Mme Bettie Vanhoudt et M. Guy Vanthemsche ont été promus membres titulaires.

Concours 2007

Un travail a été introduit régulièrement en réponse à la première question du Concours 2007, intitulée: «On demande une étude sur les femmes et la santé au Rwanda sous le régime du mandat de la Société des Nations. Les débuts des conceptions et pratiques modernes de la santé (1920-1940)», à savoir:

CORNET, A. 2005. Action sanitaire et contrôle social au Ruanda (1920-1940). Femmes, missions et politiques de santé. Thèse de doctorat, Université Catholique de Louvain, 4 vol., 1181 pp.

Après avoir entendu les rapports de Mmes Danielle de Lame, Yola Verhasselt et M. Henri Nicolaï, la Classe décide d'attribuer le prix d'une valeur de 1 000 euros à Mme Anne Cornet, Université Catholique de Louvain. Elle portera le titre de «Lauréat de l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer».

Un travail a été introduit régulièrement en réponse à la deuxième question du Concours 2007, intitulée: «On demande une étude sur la musique traditionnelle bolivienne et/ou sur les instruments de musique d'une ou de plusieurs ethnies soit de la plaine (Pando ou Amazonas), soit des hauts plateaux (Altiplano), soit de la région de transition (Yungas), et/ou l'impact qu'elle a sur la musique urbaine actuelle», à savoir:

VERSTRAETE, I. 2006. ¿Existen músicas identificando a los Aymaras asanaques y quillacas? (Departamento Oruro, Bolivia), 33 pp. + CD.

Après avoir entendu les rapports de MM. Ferdinand de Hen, Didier Demolin et Michel Graulich, la Classe décide de n'attribuer ni prix, ni mention honorable à Mme Isabelle Verstraete.

Prix de Géographie tropicale Yola Verhasselt

Conformément à l'article 9 du règlement, le jury a communiqué son rapport à la Classe des Sciences morales et politiques.

Six candidatures ont été introduites régulièrement:

BASTIN, Stéphane (ULB) — Compréhension et interprétation de la géographie du maraîchage dans la vallée du Moyen Niger.

Benoemingen

Bij Ministerieel Besluit van 4 april 2007 werd de Heer Koen Vlassenroot tot geassocieerd lid benoemd.

Bij Koninklijk Besluit van 9 april 2007 werden de HH. Filip De Boeck, Didier Demolin, Mevr. Bettie Vanhoudt en de Heer Guy Vanthemsche tot werkend lid bevorderd.

Wedstrijd 2007

Eén werk werd regelmatig ingediend in antwoord op de eerste vraag van de Wedstrijd 2007 „Men vraagt een studie over vrouwen en gezondheid in Rwanda onder het mandaat van de Volkerenbond. Het begin van de moderne concepten en praktijken van de gezondheidszorg (1920-1940)”, m.n.

CORNET, A. 2005. Action sanitaire et contrôle social au Ruanda (1920-1940). Femmes, missions et politiques de santé. Thèse de doctorat, Université Catholique de Louvain, 4 vol., 1181 blz.

Na de verslagen van de dames Danielle de Lame en Yola Verhasselt, en van de Heer Henri Nicolaï te hebben gehoord, beslist de Klasse de prijs ter waarde van 1 000 euro aan Mevr. Anne Cornet, *Université Catholique de Louvain*, toe te kennen. Zij zal de titel dragen van „Laureate van de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen”.

Eén werk werd regelmatig ingediend in antwoord op de tweede vraag van de Wedstrijd 2007 „Men vraagt een studie over de Boliviaanse traditionele muziek en/of de instrumenten van één of meer etnieën uit hetzij het laagland (Pando of Amazonas), hetzij de hoogvlakte (Altiplano), of nog, het overgangsgebied (Yungas) en/of de impact die ze heeft op de huidige stedelijke muziek”, m.n.

VERSTRAETE, I. 2006. ¿Existen músicas identificando a los Aymaras asanaques y quillacas? (Departamento Oruro, Bolivia), 33 blz. + CD.

Na de verslagen van de HH. Ferdinand de Hen, Didier Demolin en Michel Graulich te hebben gehoord, beslist de Klasse noch prijs noch eervolle vermelding aan Mevr. Isabelle Verstraete toe te kennen.

Prijs voor Tropische Geografie Yola Verhasselt

Conform artikel 9 van het reglement, heeft de jury zijn verslag meegedeeld aan de Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen.

Zes kandidaturen werden regelmatig ingediend:

BASTIN, Stéphane (ULB) — Compréhension et interprétation de la géographie du maraichage dans la vallée du Moyen Niger.

BODART, Catherine (Univ. Liège) — La problématique des mouvements actuels des sables dans le sud du Niger: changements climatiques ou pression anthropique?

MEYFROIDT, Patrick (UCL) — La transition forestière au Vietnam.

STUYCK, Karen (*KUL*) — Een sociale geografie van *remittances*. Transfers van België naar Senegal als *case-studie*.

VANACKER, Veerle (UCL) — Impact van topografie, lithologie, en landgebruiksveranderingen op sedimentfluxen in tropische gebergtegebieden (Ecuador).

VAN DEN EECKHAUT Miet (*KUL*) — Ruimtelijke spreiding en dynamiek van grondverschuivongen in het Noord-Ethiopische Hoogland.

Conformément à l'avis de la Commission, la Classe décide d'attribuer le prix à M. Stéphane Bastin. Son diplôme lui sera remis lors de la séance académique d'ouverture du 18 octobre prochain. L'auteur portera le titre de «Lauréat du Prix de Géographie tropicale Yola Verhasselt».

La séance est levée à 17 h 25.

BODART, Catherine (*Univ. Liège*) — La problématique des mouvements actuels des sables dans le sud du Niger: changements climatiques ou pression anthropique?

MEYFROIDT, Patrick (*UCL*) — La transition forestière au Vietnam.

STUYCK, Karen (*KUL*) — Een sociale geografie van *remittances*. Transfers van België naar Senegal als *case*-studie.

VANACKER, Veerle (*UCL*) — Impact van topografie, lithologie en landgebruiksveranderingen op sedimentfluxen in tropische gebergtegebieden (Ecuador).

VAN DEN EECKHAUT, Miet (*KUL*) — Ruimtelijke spreiding en dynamiek van grondverschuivingen in het Noord-Ethiopische Hoogland.

Conform het advies van de Commissie beslist de Klasse de prijs toe te kennen aan de Heer Stéphane Bastin. Zijn diploma zal hem tijdens de academische openingszitting van 18 oktober e.k. overhandigd worden. De auteur zal de titel dragen van „Laureaat van de Prijs voor Tropische Geografie Yola Verhasselt”.

De zitting wordt om 17 u. 25 geheven.

Classe des Sciences naturelles et médicales

Séance du 22 mai 2007
(Extrait du procès-verbal)

La séance est ouverte à 14 h 30 par M. E. Van Ranst, Directeur, assisté de Mme D. Swinne, Secrétaire perpétuelle.

Sont en outre présents: MM. I. Beghin, J. Bouharmont, E. Coppejans, M. Deliëns, M. Erpicum, P. Gigase, P. Goyens, H. Maraite, H. Nicolaï, A. Ozer, G. Stoops, J.-J. Symoens, C. Sys et P. Van der Veken, membres titulaires; MM. R. Dudal, D. Le Ray, J.-P. Malingreau et Mme R. Orban, membres associés; M. S. Touré, membre correspondant; Mme Y. Verhasselt, membre de la Classe des Sciences morales et politiques; M. J. De Cuyper, membre de la Classe des Sciences techniques.

Ont fait part de leur regret de ne pouvoir assister à la séance: MM. J. Alexandre, J. Belot, J. Bolyn, V. De Brouwere, M. De Dapper, J.-P. Descy, J.-M. Jadin, M. Lechat, J.-C. Micha, S. Pattyn, Mme F. Portaels, MM. J. Rammeloo, L. Tack et M. Wéry.

M. Eric Van Ranst souhaite la bienvenue à Mme Rosine Orban, nouveau membre associé, et à M. Saydil Touré, membre correspondant.

«Vulkanisme in Indonesië»

Mme Marlina Elburg présente une communication intitulée comme ci-dessus. MM. Jean-Paul Malingreau, André Ozer, Eric Van Ranst et Georges Stoops prennent part à la discussion.

La Classe accepte d'envisager la publication d'un texte et désigne deux rapporteurs.

Sécurité alimentaire et autogestion par l'Agriculture Urbaine (AU) dans les villes en expansion d'Afrique centrale. Un cas d'école: Butembo (Nord-Kivu, RDC), 530 000 habitants

M. Jean-Marie Godeau présente une communication intitulée comme ci-dessus.

MM. Jules Bouharmont, Jacques De Cuyper, Henri Nicolaï, Ivan Beghin et Saydil Touré prennent part à la discussion.

La Classe décide de ne pas publier de texte.

Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen

Zitting van 22 mei 2007
(Uittreksel van de notulen)

De zitting wordt om 14 u. 30 geopend door de Heer E. Van Ranst, Directeur, bijgestaan door Mevr. D. Swinne, Vast Secretaris.

Zijn bovendien aanwezig: de HH. I. Beghin, J. Bouharmont, E. Coppejans, M. Deliëns, M. Erpicum, P. Gigase, P. Goyens, H. Maraite, H. Nicolăi, A. Ozer, G. Stoops, J.-J. Symoens, C. Sys en P. Van der Veken, werkende leden; de HH. R. Dudal, D. Le Ray, J.-P. Malingreau en Mevr. R. Orban, geassocieerde leden; de Heer S. Touré, corresponderend lid; Mevr. Y. Verhasselt, lid van de Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen; de Heer J. De Cuyper, lid van de Klasse voor Technische Wetenschappen.

Betuigden hun spijt niet aan de zitting te kunnen deelnemen: de HH. J. Alexandre, J. Belot, J. Boly, V. De Brouwere, M. De Dapper, J.-P. Descy, J.-M. Jadin, M. Lechat, J.-C. Micha, S. Pattyn, Mevr. F. Portaels, de HH. J. Rammeloo, L. Tack en M. Wéry.

De Heer Eric Van Ranst verwelkomt Mevr. Rosine Orban, nieuw geassocieerd lid, en de Heer Saydil Touré, corresponderend lid.

Vulkanisme in Indonesië

Mevr. Marlina Elburg stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. Jean-Paul Malingreau, André Ozer, Eric Van Ranst en Georges Stoops nemen aan de bespreking deel.

De Klasse is bereid de publicatie van een tekst te overwegen en duidt twee verslaggevers aan.

„Sécurité alimentaire et autogestion par l'Agriculture Urbaine (AU) dans les villes en expansion d'Afrique centrale. Un cas d'école: Butembo (Nord-Kivu, RDC), 530 000 habitants”

De Heer Jean-Marie Godeau stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. Jules Bouharmont, Jacques De Cuyper, Henri Nicolăi, Ivan Beghin en Saydil Touré nemen aan de bespreking deel.

De Klasse beslist geen tekst te publiceren.

Honorariat

Par Arrêté royal du 7 février 2007, MM. Henri Maraitte et Jean-Claude Micha, membres titulaires, ont été promus à l'honorariat.

Par Arrêté ministériel du 14 février 2007, MM. Hariharan Eswaran et Donald Hopkins, membres correspondants, ont été promus à l'honorariat.

Nominations

Par Arrêté ministériel du 4 avril 2007, Mme Rosine Orban et M. Vincent De Brouwere ont été nommés membres associés.

Par Arrêté ministériel du 4 avril 2007, Mmes Ruth Oniang'O Khasaya, Jurgenne Primavera et M. Samy Mankoto ont été élus membres correspondants.

Par Arrêté royal du 9 avril 2007, MM. Jean-Pierre Descy, Michel Ercicum et Jozef Verduyck ont été promus membres titulaires.

Concours 2007

Un travail a été introduit régulièrement en réponse à la troisième question du Concours 2007, intitulée: «On demande une étude sur les nouvelles perspectives en matière d'épidémiologie et de contrôle des maladies transmises par des vecteurs au bétail des régions tropicales», à savoir:

MASUMU MULUMBU, J. 2006. Molecular Epidemiology and Integrated Control of Bovine Trypanosomiasis in Sub-Saharan Africa, 64 pp.

Après avoir entendu les rapports de MM. Paul Gigase, Jean-Marie Jadin et Dominique Le Ray, la Classe décide d'attribuer le prix d'une valeur de 1 000 euros à M. Justin Masumu Mulumbu. Il portera le titre de «Lauréat de l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer».

Deux travaux ont été introduits régulièrement en réponse à la quatrième question du Concours 2007, intitulée: «On demande une contribution originale à l'étude des écosystèmes côtiers tropicaux, leur évolution et/ou leur monitoring», à savoir:

BOSIRE, J. 2006. Ecological Recovery of Reforested Mangroves in Kenya. Thesis submitted in fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy in Science of the Vrije Universiteit Brussel, 135 pp.

VANDERSTRAETE, T. (s.d.) The Use of Remote Sensing for Coral Reef Mapping in Support of Integrated Coastal Zone Management – A Case Study in the NW Red Sea. Scriptie voorgedragen tot het behalen van de graad van Doctor in de Wetenschappen: Geografie, Universiteit Gent, vol. 1, 426 pp., vol. 2, 129 pp. + annexes.

Erelidmaatschap

Bij Koninklijk Besluit van 7 februari 2007 werden de HH. Henri Maraite en Jean-Claude Micha, werkende leden, tot het erelidmaatschap bevorderd.

Bij Ministerieel Besluit van 14 februari 2007 werden de HH. Hariharan Eswaran en Donald Hopkins, corresponderende leden, tot het erelidmaatschap bevorderd.

Benoemingen

Bij Ministerieel Besluit van 4 april 2007 werden Mevr. Rosine Orban en de Heer Vincent De Brouwere tot geassocieerd lid benoemd.

Bij Ministerieel Besluit van 4 april 2007 werden de dames Ruth Oniang'O Khasaya en Jurgenne Primavera, en de Heer Samy Mankoto tot corresponderend lid benoemd.

Bij Koninklijk Besluit van 9 april 2007 werden de HH. Jean-Pierre Descy, Michel Ericum en Jozef Vercruysse tot werkend lid bevorderd.

Wedstrijd 2007

Eén werk werd regelmatig ingediend in antwoord op de derde vraag van de Wedstrijd 2007 „Er wordt een studie gevraagd over nieuwe inzichten in de epidemiologie en controle van door vectoren overgedragen ziekten bij het vee in tropische gebieden”, m.n.

MASUMU MULUMBU, J. 2006. Molecular Epidemiology and Integrated Control of Bovine Trypanosomiasis in Sub-Saharan Africa, 64 blz.

Na de verslagen van de HH. Paul Gigase, Jean-Marie Jadin en Dominique Le Ray te hebben gehoord, beslist de Klasse de prijs ter waarde van 1 000 euro toe te kennen aan de Heer Justin Masumu Mulumbu. Hij zal de titel dragen van „Laureaat van de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen”.

Twee werken werden regelmatig ingediend in antwoord op de vierde vraag van de Wedstrijd 2007 „Men vraagt een oorspronkelijke bijdrage tot de studie van tropische kustecosystemen, hun evolutie en/of monitoring”, m.n.

BOSIRE, J. 2006. Ecological Recovery of Reforested Mangroves in Kenya. Thesis submitted in fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy in Science of the Vrije Universiteit Brussel, 135 blz.

VANDERSTRAETE, T. (z.d.) The Use of Remote Sensing for Coral Reef Mapping in Support of Integrated Coastal Zone Management – A Case Study in the NW Red Sea. Scriptie voorgedragen tot het behalen van de graad van Doctor in de Wetenschappen: Geografie, Universiteit Gent, vol. 1, 426 blz., vol. 2, 129 blz. + bijlagen.

Après avoir entendu les rapports de MM. Jean-Paul Malingreau, Jean-Claude Micha et André Ozer, la Classe décide d'attribuer le prix d'une valeur de 1 000 euros à M. Jared Bosire, *Vrije Universiteit Brussel*. Il portera le titre de «Lauréat de l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer».

M. Tony Vanderstraete s'est vu décerner une mention honorable pour son étude.

La séance est levée à 17 h 40.

Na de verslagen van de HH. Jean-Paul Malingreau, Jean-Claude Micha en André Ozer te hebben gehoord, beslist de Klasse de prijs ter waarde van 1 000 euro toe te kennen aan de Heer Jared Bosire, Vrije Universiteit Brussel. Hij zal de titel dragen van „Laureaat van de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen”.

De Heer Tony Vanderstraete heeft voor zijn studie een eervolle vermelding gekregen.

De zitting wordt om 17 u. 40 geheven.

Classe des Sciences techniques

Séance du 24 mai 2007

(Extrait du procès-verbal)

La séance est ouverte à 14 h 30 par M. C. De Meyer, Directeur, assisté de M. L. Dejonghe, Vice-Directeur, et de Mme D. Swinne, Secrétaire perpétuelle.

Sont en outre présents: MM. E. Cuypers, J. De Cuyper, H. Deelstra, G. Demarée, P. De Meester, J.-J. Droesbeke, P. Goossens, A. Jaumotte, L. Maertens, A. Monjoie, H. Paelinck et M. Van Den Herrewegen, membres titulaires; MM. A. Bernard, J. Hus, P. Muchez, P. Ozer et R. Winand, membres associés; Mme Y. Verhasselt, membre de la Classe des Sciences morales et politiques; M. M. Wéry, membre de la Classe des Sciences naturelles et médicales.

Ont fait part de leur regret de ne pouvoir assister à la séance: MM. L. André, A. Buldgen, T. Camelbeeck, J.-M. Charlet, J. Charlier, J. Debevere, D. Demaiffe, R. Leenaerts, A. Lejeune, W. Loy, J. Marchal, J. Michot, T. Notteboom, J. J. Peters, E. Pirard, J. Poesen, J. Roos, P. Sorgeloos F. Thirion, P. Van Damme, T. Van Frachen, W. Van Impe et M. Van Montagu.

Phénix dans un monde incertain — nouvelles activités minières au Katanga

M. Pierre Goossens présente une communication intitulée comme ci-dessus.

MM. René Winand, Edward Cuypers, Jacques De Cuyper, Honoreus Paelinck, Pierre Ozer et Jozef Hus prennent part à la discussion.

La Classe décide de publier ce texte dans le *Bulletin des Séances*.

«Burj Dubai toren: de hoogste toren, tot wanneer?»

M. Luc Maertens présente une communication intitulée comme ci-dessus.

MM. Christian De Meyer, Honoreus Paelinck, Léon Dejonghe, Edward Cuypers, René Winand et Paul De Meester prennent part à la discussion.

La Classe décide de publier ce texte dans le *Bulletin des Séances*.

Honorariat

Par Arrêté royal du 7 février 2007, M. Jean Jacques Peters, membre titulaire, a été promu à l'honorariat.

Klasse voor Technische Wetenschappen

Zitting van 24 mei 2007
(Uittreksel van de notulen)

De zitting wordt om 14 u. 30 geopend door de Heer C. De Meyer, Directeur, bijgestaan door de Heer L. Dejonghe, Vice-Directeur, en Mevr. D. Swinne, Vast Secretaris.

Zijn bovendien aanwezig: de HH. E. Cuypers, J. De Cuyper, H. Deelstra, G. Demarée, P. De Meester, J.-J. Droesbeke, P. Goossens, A. Jaumotte, L. Maertens, A. Monjoie, H. Paelinck en M. Van Den Herrewegen, werkende leden; de HH. A. Bernard, J. Hus, P. Muchez, P. Ozer en R. Winand, geassocieerde leden; Mevr. Y. Verhasselt, lid van de Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen; de Heer M. Wéry, lid van de Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen.

Betuygden hun spijt niet aan de zitting te kunnen deelnemen: de HH. L. André, A. Buldgen, T. Camelbeeck, J.-M. Charlet, J. Charlier, J. Debevere, D. Demaiffe, R. Leenaerts, A. Lejeune, W. Loy, J. Marchal, J. Michot, T. Notteboom, J. J. Peters, E. Pirard, J. Poesen, J. Roos, P. Sorgeloos, F. Thirion, P. Van Damme, T. Van Frachen, W. Van Impe en M. Van Montagu.

„Phénix dans un monde incertain — nouvelles activités minières au Katanga”

De Heer Pierre Goossens stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. René Winand, Edward Cuypers, Jacques De Cuyper, Honoreus Paelinck, Pierre Ozer en Jozef Hus nemen aan de bespreking deel.

De Klasse beslist deze tekst in de *Mededelingen der Zittingen* te publiceren.

Burj Dubai toren: de hoogste toren, tot wanneer?

De Heer Luc Maertens stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. Christian De Meyer, Honoreus Paelinck, Léon Dejonghe, Edward Cuypers, René Winand en Paul De Meester nemen aan de bespreking deel.

De Klasse beslist deze tekst in de *Mededelingen der Zittingen te publiceren*.

Erelidmaatschap

Bij Koninklijk Besluit van 7 februari 2007 werd de Heer Jean Jacques Peters, werkend lid, tot het erelidmaatschap bevorderd.

Nominations

Par Arrêté ministériel du 4 avril 2007, MM. Alain Bernard, Pierre Ozer, Eric Pirard, Patrick Sorgeloos et Patrick Van Damme ont été nommés membres associés.

Par Arrêté ministériel du 4 avril 2007, M. Darwish Al Gobaisi a été élu membre correspondant.

Par Arrêté royal du 9 avril 2007, MM. Jean Poesen et Theo Notteboom ont été promus membres titulaires.

«Metalogenese van de cassieriet- en niobotantaal- (coltan) mineralisaties in de Mezoproterozoïsche gesteenten in het Kibara orogeen (Centraal-Afrika): voorlopige resultaten»

M. Stijn Dewaele a présenté cette communication lors de la séance du 30 novembre 2006.

Après avoir entendu les rapports, la Classe décide de publier ce texte dans le *Bulletin des Séances*.

Prix pour les Etudes portuaires Directeur général Fernand Suykens

Conformément à l'article 9 du règlement, la Commission de sélection du Prix a communiqué son rapport à la Classe des Sciences techniques.

Cinq travaux ont été introduits régulièrement:

ASHTON, Jason 2006. Het havenkeuzegedrag van containercarriers. — Verhandeling Univ. Antwerpen, Fac. Toegepaste Economische Wetenschappen, 126 pp.

COPPENS, Caroline 2006. Economische analyse van de Chinese rederij Cosco. — Verhandeling Univ. Antwerpen, Fac. Toegepaste Economische Wetenschappen, 171 pp.

DE RUYTER, Wouter 2006. Gaza Seaport Project: een case-study. — Verhandeling Univ. Antwerpen, Fac. Toegepaste Economische Wetenschappen, 129 pp.

SEL, Steve 2006. Maritieme Wereldsteden: «Vanuit welke grootsteden wordt de maritieme sector gestuurd?» — Verhandeling Univ. Antwerpen, Fac. Toegepaste Economische Wetenschappen, 132 pp.

WOLANSKI, Eric 2006. The Environment in Asia Pacific Harbours. — Dordrecht, Springer, 497 pp. (uniquement version électronique sur CD-ROM).

Conformément à l'avis de la Commission de sélection, la Classe décide d'attribuer le Prix à M. Steve Sel.

Benoemingen

Bij Ministerieel Besluit van 4 april 2007 werden de HH. Alain Bernard, Pierre Ozer, Eric Pirard, Patrick Sorgeloos en Patrick Van Damme tot geassocieerd lid benoemd.

Bij Ministerieel Besluit van 4 april 2007 werd de Heer Darwish Al Gobaisi tot corresponderend lid benoemd.

Bij Koninklijk Besluit van 9 april 2007 werden de HH. Jean Poesen en Theo Notteboom tot werkend lid bevorderd.

Metalogenese van de cassieriet- en niobotantaal- (coltan) mineralisaties in de Mezoproterozoïsche gesteenten in het Kibara orogeen (Centraal-Afrika): voorlopige resultaten

De Heer Stijn Dewaele heeft deze mededeling voorgesteld tijdens de zitting van 30 november 2006.

Na de verslagen te hebben gehoord, beslist de Klasse deze tekst in de *Mededelingen der Zittingen* te publiceren.

Prijs voor Havenstudies Directeur-generaal Fernand Suykens

Conform artikel 9 van het reglement, heeft de Selectiecommissie van de Prijs haar rapport aan de Klasse voor Technische Wetenschappen meegedeeld.

Vijf werken werden regelmatig ingediend:

ASHTON, Jason 2006. Het havenkeuzegedrag van containercarriers. — Verhandeling Univ. Antwerpen, Fac. Toegepaste Economische Wetenschappen, 126 blz.

COPPENS, Caroline 2006. Economische analyse van de Chinese rederij Cosco. — Verhandeling Univ. Antwerpen, Fac. Toegepaste Economische Wetenschappen, 171 blz.

DE RUYTER, Wouter 2006. Gaza Seaport Project: een case-study. — Verhandeling Univ. Antwerpen, Fac. Toegepaste Economische Wetenschappen, 129 blz.

SEL, Steve 2006. Maritieme Wereldsteden: „Vanuit welke grootsteden wordt de maritieme sector gestuurd?“ — Verhandeling Univ. Antwerpen, Fac. Toegepaste Economische Wetenschappen, 132 blz.

WOLANSKI, Eric 2006. The Environment in Asia Pacific Harbours. — Dordrecht, Springer, 497 blz. (enkel elektronische versie op cd-rom).

Conform het advies van de Selectiecommissie, beslist de Klasse de Prijs aan de Heer Steve Sel toe te kennen.

Son diplôme lui sera remis lors de la séance académique d'ouverture du 18 octobre 2007. L'auteur portera le titre de «Lauréat du Prix pour les Etudes portuaires Directeur général Fernand Suykens».

La séance est levée à 16 h 50.

Zijn diploma zal hem overhandigd worden tijdens de academische openingszitting van 18 oktober 2007. De auteur zal de titel dragen van „Laureaat van de Prijs voor Havenstudies Directeur-generaal Fernand Suykens”.

De zitting wordt om 16 u. 50 gegeven.

Classe des Sciences morales et politiques
Classe des Sciences naturelles et médicales
Classe des Sciences techniques

Séance extraordinaire, Liège, 19 juin 2007

L'Université de Liège (ULg) accueille les membres des trois Classes de l'Académie, et ce, à l'initiative de M. Jean Marchal, président de l'Académie en 2006.

Présents: MM. R. Anciaux, F. Neyt, S. Plasschaert, M. Poncelet, C. Sturtewagen, F. Van Noten, Mme Y. Verhasselt et M. H. Vinck, *membres de la Classe des Sciences morales et politiques*; MM. J. Alexandre, I. Beghin, J. Belot, E. Coppejans, V. De Brouwere, M. Deliëns, M. Erpicum, J.-C. Micha, A. Ozer, E. Roche, G. Stoops, Mme D. Swinne et M. M. Wéry, *membres de la Classe des Sciences naturelles et médicales*; MM. A. Buldgen, T. Camelbeeck, J.-M. Charlet, L. Dejonghe, C. De Meyer, R. Leenaerts, A. Lejeune, J. Marchal, A. Monjoie, P. Ozer, E. Pirard et F. Thirion, *membres de la Classe des Sciences techniques*.

Avec la participation de: MM. M. Foret (Gouverneur de la Province de Liège), A. Corhay (Vice-Recteur ULg), R. Cloots (Vice-Doyen – Faculté des Sciences ULg), Y. Crama (HEC-Ecole de Gestion de l'ULg), J.-J. Claustrioux (Vice-Recteur FUSAGx), Mme P. Scarpa (Chargée du protocole ULg), M. P. Degee (CECODEL), Mmes C. Dasnoy (CECODEL) et F. Guillaume (CECODEL).

Excusés: MM. L. André, P. Beckers, Mme E. Bruyninx, MM. J. De Cuyper, M. De Dapper, H. Deelstra, G. Demarée, G. de Villers, J.-J. Droesbeke, R. Dudal, J. Feyen, E. Haerincx, D. Huyge, J. Jacobs, A. Jaumotte, P. Muchez, Mme F. Nahavandi, M. C. Ntampaka, M. J. Poesen, Mmes R. Orban, F. Portaels, MM. F. Reyntjens, R. Swennen, C. Sys, P. Van Damme, P. Van der Veken, T. Van Frachen, W. Van Impe, M. Van Montagu, E. Van Ranst, J.-L. Vellut, J. Vercruyse, Mme M. Vincx, MM. C. Willemen et R. Winand.

Après l'allocution d'ouverture prononcée par M. Jean Marchal, la parole est donnée à M. Albert Corhay, Vice-Recteur de l'Université de Liège et président du Conseil des Relations Internationales (C.R.I.).

Quatre exposés sont ensuite présentés:

CLASSE DES SCIENCES MORALES ET POLITIQUES

M. Jean-Patrick Duchesne, professeur en histoire de l'art: *Le fonds africain de l'Université de Liège*

Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen
Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen
Klasse voor Technische Wetenschappen

Buitengewone zitting, Liège, 19 juni 2007

De „Université de Liège” (ULg) verwelkomt de leden van de drie Klassen van de Academie en dit op initiatief van de Heer Jean Marchal, voorzitter van de Academie in 2006.

Aanwezig: de HH. R. Anciaux, F. Neyt, S. Plasschaert, M. Poncelet, C. Sturtewagen, F. Van Noten, Mevr. Y. Verhasselt en de Heer H. Vinck, *leden van de Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen*; de HH. J. Alexandre, I. Beghin, J. Belot, E. Coppejans, V. De Brouwere, M. Deliens, M. Erpicum, J.-C. Micha, A. Ozer, E. Roche, G. Stoops, Mevr. D. Swinne en de Heer M. Wéry, *leden van de Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen*; de HH. A. Buldgen, T. Camelbeeck, J.-M. Charlet, L. Dejonghe, C. De Meyer, R. Leenaerts, A. Lejeune, J. Marchal, A. Monjoie, P. Ozer, E. Pirard en F. Thirion, *leden van de Klasse voor Technische Wetenschappen*.

Andere deelnemers: de HH. M. Foret (Gouverneur van de Provincie Luik), A. Corhay (Vice-Rector ULg), R. Cloots (Vice-Decaan van de „Faculté des Sciences” ULg), Y. Crama („HEC-Ecole de Gestion” van de ULg), J.-J. Clautriaux (Vice-Rector FUSAGx), Mevr. P. Scarpa (verantwoordelijke voor het protocol van de ULg), de Heer P. Degee (CECODEL), de dames C. Dasnoy (CECODEL) en F. Guillaume (CECODEL).

Verontschuldigd: de HH. L. André, P. Beckers, Mevr. E. Bruyninx, de HH. J. De Cuyper, M. De Dapper, H. Deelstra, G. Demarée, G. de Villers, J.-J. Droesbeke, R. Dudal, J. Feyen, E. Haerinck, D. Huyge, J. Jacobs, A. Jaumotte, P. Muechez, Mevr. F. Nahavandi, de Heer C. Ntampaka, de Heer J. Poesen, Mevr. R. Orban, F. Portaels, de HH. F. Reyntjens, R. Swennen, C. Sys, P. Van Damme, P. Van der Veken, T. Van Frachen, W. Van Impe, M. Van Montagu, E. Van Ranst, J.-L. Vellut, J. Vercruysse, Mevr. M. Vincx, de HH. C. Willemen en R. Winand.

Na de openingsrede van de Heer Jean Marchal, wordt het woord gegeven aan de Heer Albert Corhay, Vice-Rector van de „Université de Liège” en voorzitter van de „Conseil des Relations Internationales” (C.R.I.).

Vervolgens worden er vier voordrachten gehouden:

KLASSE VOOR MORELE EN POLITIEKE WETENSCHAPPEN

De Heer Jean-Patrick Duchesne, professor kunstgeschiedenis: *Le fonds africain de l'Université de Liège*

CLASSE DES SCIENCES NATURELLES ET MEDICALES

M. Pascal Leroy, président de l'Institut Vétérinaire Tropical (I.V.T.): *Présentation de l'Institut Vétérinaire Tropical de l'ULg (IVT-ULg)*

M. Jean-Marc Defise, responsable «Instrumentation spatiale» du Centre Spatial de Liège (C.S.L.): *Activités du Centre Spatial de Liège dans les pays d'outre-mer*

CLASSE DES SCIENCES TECHNIQUES

M. Eric Pirard, président du secteur GeMMe (Génie minéral, matériaux et environnement): *Réflexions sur la place du secteur minier artisanal dans le développement économique et social des pays en développement*

A l'issue de ces présentations, M. Michel Foret, Gouverneur de la Province de Liège, intervient et M. Daniel Bay clôture la première partie de la journée avec la projection du film intitulé «L'Université de Liège et la coopération».

De jeunes chercheurs présentent ensuite leurs travaux au cours d'une session-poster (voir liste ci-dessous).

Session poster (abstracts disponibles sur <http://www.cecodel.ulg.ac.be/arsom.htm>)

1. Qu'est-ce que l'économie sociale?
2. Pôle Sud – Pôle liégeois d'études sur les sociétés urbaines en développement
3. La littérature peut-elle changer le monde?
4. Littératures anglophones d'Afrique et des Caraïbes
5. Contribution à l'étude phytochimique de *Fagara zanthoxyloïdes*, plante utilisée traditionnellement contre la déranicytose
6. A la recherche de médicaments antimalariques...
7. Contribution à l'étude phytochimique et toxicologique de *Magnistipula Butayi* ssp. Montana: plante toxique du Rwanda
8. Analyses of Dyes present in Coloured Cotton *Gossypium Barbadense* and *Gossypium Hirsutum* of Pre-columbian Origin
9. Hemocompatibility Study of New Functionalized Polycations tailored to modify the Surface Properties of Red Blood Cells
10. Eco-epidemiology of Bovine Ticks and Ticks-borne Diseases in Morocco: A Longitudinal Study
11. Growth and Carcass Performances of Belgian Blue X Nelore and Bradford Cattle in Bahia State Brazil
12. Reproductive, Survival and Growth Traits of the Crossbreeding Belgian Texel x Moroccan Local Breeds of Sheep

KLASSE VOOR NATUUR- EN GENEESKUNDIGE WETENSCHAPPEN

De Heer Pascal Leroy, voorzitter van het „Institut Vétérinaire Tropical” (I.V.T.):
Présentation de l'Institut Vétérinaire Tropical de l'ULg (IVT-ULg)

De Heer Jean-Marc Defise, verantwoordelijke voor „Instrumentation spatiale”
van het „Centre Spatial de Liège” (C.S.L.): *Activités du Centre Spatial de
Liège dans les pays d'outre-mer*

KLASSE VOOR TECHNISCHE WETENSCHAPPEN

De Heer Eric Pirard, voorzitter van GeMMe („Génie minéral, matériaux et envi-
ronnement”): *Réflexions sur la place du secteur minier artisanal dans le
développement économique et social des pays en développement*

Daarna neemt de Heer Michel Foret, Gouverneur van de Provincie Luik, het
woord en sluit de Heer Daniel Bay het eerste deel van de dag af met de voorstel-
ling van de film „L'Université de Liège et la coopération”.

Jonge onderzoekers stellen tijdens een postersessie (zie lijst hierna) hun werk
voor.

Postersessie (abstracts beschikbaar op
<http://www.cecodel.ulg.ac.be/arsom.htm>)

1. Qu'est-ce que l'économie sociale?
2. Pôle Sud – Pôle liégeois d'études sur les sociétés urbaines en développe-
ment
3. La littérature peut-elle changer le monde?
4. Littératures anglophones d'Afrique et des Caraïbes
5. Contribution à l'étude phytochimique de *Fagara zanthoxyloïdes*, plante
utilisée traditionnellement contre la dépranicytose
6. A la recherche de médicaments antimalariques...
7. Contribution à l'étude phytochimique et toxicologique de *Magnistipula
Butayi* ssp. Montana: plante toxique du Rwanda
8. Analyses of Dyes present in Coloured Cotton *Gossypium Barbadosense* and
Gossypium Hirsutum of Pre-columbian Origin
9. Hemocompatibility Study of New Functionalized Polycations tailored to
modify the Surface Properties of Red Blood Cells
10. Eco-epidemiology of Bovine Ticks and Ticks-borne Diseases in Morocco:
A Longitudinal Study
11. Growth and Carcass Performances of Belgian Blue X Nelore and Bradford
Cattle in Bahia State Brazil
12. Reproductive, Survival and Growth Traits of the Crossbreeding Belgian
Texel x Moroccan Local Breeds of Sheep

13. Activités de l'Unité de Génétique animale
14. Comparison of *Salmonella* Isolates from Guinea-Fowls in North-East Benin (Borgou and Alibori Departments)
15. Projets concernant l'élevage intégré aux activités agricoles en République Démocratique du Congo
16. Optimisation de l'accès à l'information scientifique – Projets avec l'Université de Lubumbashi (RDC) et l'Université de Ouagadougou (Burkina Faso)
17. Autres expertises de l'Université de Liège en médecine vétérinaire et zootchnie tropicales
18. Caractéristiques et habitus de la pintade locale au Bénin
19. Centre de formation et de recherche en aquaculture – Tihange
20. Contribution ULg à une coopération Mozambique-Suède: taxonomie moléculaire de souches spirulines
21. Biotechnologie algale: transfert de technologie vers les pays du Sud
22. Conservation, biodiversité et développement – Créer un lien entre recherche scientifique et politique de gestion de l'environnement – Eco-éthologie des primates en milieu naturel
23. Le CWBI – Une stratégie pour un partenariat dans les pays en développement
24. La gestion des déchets ménagers et des sites d'enfouissement techniques
25. Influence des activités humaines sur la dynamique du carbone organique et inorganique et du méthane dans la lagune Ebrié (Côte-d'Ivoire)
26. Enregistrement des changements environnementaux dans les sédiments lacustres chiliens au cours du dernier millénaire: variabilité climatique naturelle et impact anthropique
27. Caractérisation minéralogique et géotechnique des argiles du nord du Maroc en vue de leur valorisation industrielle
28. Laboratoire de géomorphologie et télédétection
29. Etude de l'ensablement dans la région de Gouré (sud-est du Niger) – Processus et apports de la télédétection
30. Global Monitoring for Food Security
31. Renforcement structurel de la gestion des ressources en eau pour l'agriculture dans le bassin du Kou (Burkina Faso)
32. Stages de recyclage en gestion de l'eau – Formation continue dans les pays en développement pour techniciens
33. Laboratoire d'analyses des eaux au Burkina Faso
34. L'Aquapôle et la coopération au développement
35. Assainissement des eaux usées par lagunage, lagunage aéré et chenal algal à haut rendement

13. Activités de l'Unité de Génétique animale
14. Comparison of *Salmonella* Isolates from Guinea-Fowls in North-East Benin (Borgou and Alibori Departments)
15. Projets concernant l'élevage intégré aux activités agricoles en République Démocratique du Congo
16. Optimisation de l'accès à l'information scientifique – Projets avec l'Université de Lubumbashi (RDC) et l'Université de Ouagadougou (Burkina Faso)
17. Autres expertises de l'Université de Liège en médecine vétérinaire et zootechnie tropicales
18. Caractéristiques et habitus de la pintade locale au Bénin
19. Centre de formation et de recherche en aquaculture – Tihange
20. Contribution ULg à une coopération Mozambique-Suède: taxonomie moléculaire de souches spirulines
21. Biotechnologie algale: transfert de technologie vers les pays du Sud
22. Conservation, biodiversité et développement – Créer un lien entre recherche scientifique et politique de gestion de l'environnement – Eco-éthologie des primates en milieu naturel
23. Le CWBI – Une stratégie pour un partenariat dans les pays en développement
24. La gestion des déchets ménagers et des sites d'enfouissement techniques
25. Influence des activités humaines sur la dynamique du carbone organique et inorganique et du méthane dans la lagune Ebrié (Côte-d'Ivoire)
26. Enregistrement des changements environnementaux dans les sédiments lacustres chiliens au cours du dernier millénaire: variabilité climatique naturelle et impact anthropique
27. Caractérisation minéralogique et géotechnique des argiles du nord du Maroc en vue de leur valorisation industrielle
28. Laboratoire de géomorphologie et télédétection
29. Etude de l'ensablement dans la région de Gouré (sud-est du Niger) – Processus et apports de la télédétection
30. Global Monitoring for Food Security
31. Renforcement structurel de la gestion des ressources en eau pour l'agriculture dans le bassin du Kou (Burkina Faso)
32. Stages de recyclage en gestion de l'eau – Formation continue dans les pays en développement pour techniciens
33. Laboratoire d'analyses des eaux au Burkina Faso
34. L'Aquapôle et la coopération au développement
35. Assainissement des eaux usées par lagunage, lagunage aéré et chenal algal à haut rendement

36. Projet d'assainissement et de développement urbain du Canal Tan Hoa Lo Gom, Ho Chi Minh Ville – Vietnam
37. Pour une meilleure gestion des ressources en eaux souterraines dans la région de Bobo Dioulasso
38. Etude des potentialités, de la vulnérabilité et de la protection des ressources en eau des aquifères fissurés en zone semi-aride (cas du plateau d'Oulmès, Maroc)
39. Géorressources minérales et imagerie géologique – Des ressources pour la coopération au développement
40. Transport et distribution de l'énergie électrique – Electrification rurale à Makola, Congo – Brazzaville
41. Proyecto transmazone – Transporte fluvial en el Río Napo
42. Cursillo internacional de formación en tecnología y en gestión del transporte
43. Soil Environment Protection Mekong Delta Dong Nai Province – Vietnam
44. Water Transmission from Beheshtabad River to Zayanderoud River – Iran
45. Présence de l'université de Liège dans les pays en développement
46. Quelques exemples de coopération de l'ULg en Afrique
47. Quelques exemples de coopération de l'ULg en Amérique du Sud
48. Quelques exemples de coopération de l'ULg en Asie
49. Origine des étudiants des pays en voie de développement
50. Masters complémentaires interuniversitaires spécifiques aux problématiques rencontrées dans les pays en développement
51. ACDLg – Agence de Coopération au Développement de l'ULg

M. Christian Sturtewagen, président de l'Académie, et Mme Danielle Swinne, Secrétaire perpétuelle, remercient M. Jean Marchal et ses collègues liégeois pour l'accueil qui a été réservé à l'Académie.

36. Projet d'assainissement et de développement urbain du Canal Tan Hoa Lo Gom, Ho Chi Minh Ville – Vietnam
37. Pour une meilleure gestion des ressources en eaux souterraines dans la région de Bobo Dioulasso
38. Etude des potentialités, de la vulnérabilité et de la protection des ressources en eau des aquifères fissurés en zone semi-aride (cas du plateau d'Oulmès, Maroc)
39. Géoressources minérales et imagerie géologique – Des ressources pour la coopération au développement
40. Transport et distribution de l'énergie électrique – Electrification rurale à Makola, Congo – Brazzaville
41. Proyecto transmazon – Transporte fluvial en el Río Napo
42. Cursillo internacional de formación en tecnología y en gestión del transporte
43. Soil Environment Protection Mekong Delta Dong Nai Province – Vietnam
44. Water Transmission from Beheshtabad River to Zayanderoud River – Iran
45. Présence de l'université de Liège dans les pays en développement
46. Quelques exemples de coopération de l'ULg en Afrique
47. Quelques exemples de coopération de l'ULg en Amérique du Sud
48. Quelques exemples de coopération de l'ULg en Asie
49. Origine des étudiants des pays en voie de développement
50. Masters complémentaires interuniversitaires spécifiques aux problématiques rencontrées dans les pays en développement
51. ACDLg – Agence de Coopération au Développement de l'ULg

De Heer Christian Sturtewagen, voorzitter van de Academie, en Mevr. Danielle Swinne, Vast Secretaris, danken de Heer Jean Marchal en zijn Luikse collega's voor het onthaal dat zij de Academie hebben gegeven.

TABLE DES MATIERES — INHOUDSTAFEL

**Communications scientifiques
Wetenschappelijke mededelingen**

<i>Classe des Sciences morales et politiques / Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen:</i>	
I. VAN PUT. — Het hellebeeld in het Oost-Aziatische boeddhisme	267
K. VLASSENROOT & T. RAEYMAEKERS. — Posttransitie in de Democratische Republiek Congo	283
<i>Classe des Sciences naturelles et médicales / Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen:</i>	
B. VAN DE VUIVER. — Biodiversity and Biogeography of the (Sub-)Antarctic Region based on Non-marine Diatoms	301
C. MATHIEU. — Dégradation des terres et des milieux de production en Afrique tropicale humide	319
<i>Classe des Sciences techniques / Klasse voor Technische Wetenschappen:</i>	
G. DEMAREE <i>et al.</i> — Volcano Eruptions, Earth- & Seaquakes, Dry Fogs vs. Aristotle's <i>Meteorologica</i> and the Bible in the Framework of the Eighteenth Century Science History	337
P. GOOSSENS. — Phoenix Rising in an Uncertain World — New Mining Activities in Katanga	361

Procès-verbaux — Notulen

<i>Classe des Sciences morales et politiques / Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen:</i>	
Séance du 15 mai 2007 / Zitting van 15 mei 2007	388; 389
Séance du 19 juin 2007 / Zitting van 19 juni 2007	406; 407
<i>Classe des Sciences naturelles et médicales / Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen:</i>	
Séance du 22 mai 2007 / Zitting van 22 mei 2007	394; 395
Séance du 19 juin 2007 / Zitting van 19 juni 2007	406; 407
<i>Classe des Sciences techniques / Klasse voor Technische Wetenschappen:</i>	
Séance du 24 mai 2007 / Zitting van 24 mei 2007	400; 401
Séance du 19 juin 2007 / Zitting van 19 juni 2007	406; 407

